



TUGAS AKHIR - RG 141536

**ANALISIS PERGESERAN *INTERSEISMIC* DAN
POSTSEISMIC AKIBAT GEMPA BUMI SUMATERA
11 APRIL 2012
(Studi Kasus : Samudera Hindia)**

FAHRUDDIN ULINNUHA IHSAN
NRP 3511 100 068

DOSEN PEMBIMBING:
M. NUR CAHYADI, ST, MSc, Ph.D

JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

FINAL ASSIGNMENT - RG 141536

***FRICTION ANALYSIS OF INTERSEISMIC AND
POSTSEISMIC FOR AN EARTHQUAKE AT
SUMATERA ON 11 APRIL 2012
(Case Study : Indian Ocean)***

FAHRUDDIN ULINNUHA IHSAN
NRP 3511 100 068

SUPERVISOR:
M. NUR CAHYADI, ST, MSc, Ph.D

GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2015

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**ANALISIS PERGESERAN *INTERSEISMIC* DAN
POSTSEISMIC AKIBAT GEMPA BUMI SUMATERA
11 APRIL 2012
(Studi Kasus : Samudera Hindia)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

FAHRUDDIN ULINNUHA IHSAN
NRP 3511 100 068

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. M. Nur Cahyadi, ST, MSc, Ph.D



SURABAYA, MEI 2015

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

**ANALISIS PERGESERAN *INTERSEISMIC* DAN
POSTSEISMIC AKIBAT GEMPA BUMI SUMATERA
11 APRIL 2012
(Studi Kasus : Samudera Hindia)**

Nama Mahasiswa : Fahrudin Ulinnuha Ihsan
NRP : 3511100068
Jurusan : Teknik Geomatika FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : M. Nur Cahyadi, ST, MSc, Ph.D

Abstrak

Terdapat tiga lempeng yang ada di Indonesia, beberapa diantaranya ada di sebelah barat Pulau Sumatera dan menjadi pusat pertemuan dua lempeng yaitu Lempeng Eurasia dan lempeng Indoaustralia. Lempeng - lempeng tersebut menunjukkan pergerakan yang signifikan pada awal abad 20 sehingga terjadi banyak sekali rentetan gempa di pulau sumatera. Dari data gempa sebelumnya pada bulan oktober 2010 terjadi gempa di Mentawai dengan magnitudo 7.7. Pada penelitian kali ini mengambil salah satu gempa yang terjadi pada bulan april tahun 2012 dengan magnitudo 8.6.

Untuk melakukan analisis deformasi diperlukan menghitung vektor pergeseran dan nilai pergeseran yang mengacu pada titik-titik stasiun GPS Kontinyu Sumatran GPS Array (SUGAR) yang tersebar di enam stasiun yaitu BITI, BSIM, BTHL, LEWK, PBLI, dan NTUS. Analisis deformasi dilakukan dengan melihat pergeseran yang terjadi pada saat sebelum gempa, dan sesudah gempa. Setelah dilakukan pemrosesan dari kedua waktu tersebut didapatkan nilai perubahan 0,3 – 2,4 meter dari setiap stasiun terdekat dengan pusat gempa. Analisis karakteristik deformasi Gempa Sumatera 2012 ini tergolong fenomena Strike-slip faults yang merupakan potongan vertikal di mana blok sebagian besar telah pindah secara horizontal. Jika blok berlawanan

pengamat bergerak ke kanan, gaya slip disebut *right lateral* jika blok bergerak ke kiri, gerakan ini disebut *left lateral*.

Kata Kunci : Gempa bumi, Deformasi, GPS, *Strike-slip faults*

**FRICITION ANALYSIS OF INTERSEISMIC AND
POSTSEISMIC FOR AN EARTHQUAKE AT SUMATERA
ON 11 APRIL 2012
(Case Study : Indian Ocean)**

Nama Mahasiswa : Fahrudin Ulinnuha Ihsan
NRP : 3511100068
Jurusan : Teknik Geomatika FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : M. Nur Cahyadi, ST, MSc, Ph.D

Abstract

There are three plates that exist in Indonesia, some of which exist in the west of the island of Sumatra and into the center of the meeting of two plates, the Eurasian plate and the plate Indoaustralia. Those plate showed significant movement at the beginning of the early 20th century, causing a lot of series of earthquakes on the island of Sumatra. Data from the previous earthquake in October 2010 occurred in the Mentawai earthquake with a magnitude 7.7. In the final project took one of the earthquake that occurred in April of 2012 with a magnitude of 8.6.

To perform the necessary deformation analysis calculated the vector shift and the shift value refers to the points of continuous GPS stations Sumatran GPS Array (SUGAR) spread across six stations that BITI, BSIM, BTHL, LEWK, PBLI, and NTUS. Deformation analysis was done by looking at the shift in the time before the earthquake, and after the earthquake. After the processing of the obtained value change of 0.3-2.4 meters of each station closest to the epicenter. characteristics of the Sumatran earthquake in 2012 is quite a phenomenon Strike-slip faults that are vertical pieces where blocks have largely been moved horizontally. If the block

opposite the observer moves to the right, called the right lateral slip style if the block moves to the left, is called the left lateral movement.

Keyword : Earthquake, Defotmation, GPS, Strike-slip Faults

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan nikmat dan rahmat-Nya yang berupa keimanan, kemudahan dan pertolongan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**Analisis Pergesran Interseismic dan Postseismic Akibat Gempa Sumatera 11 April 2012 (Studi Kasus : Samudera Hindia)**”.

Selesainya tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak, karena itu penulis sampaikan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu selesainya tugas akhir ini, terutama kepada :

1. Kedua orang tua Bapak Hasan Didik dan Ibu Suryati yang sudah memberikan bantuan dan dukungannya baik secara moril maupun materil yang tak pernah putus.
2. Bapak Ir. Dr. M. Taufik selaku Ketua Jurusan Teknik Geomatika yang sudah memberi ijin untuk melaksanakan tugas akhir.
3. Bapak M. Nur Cahyadi, ST, MSc, Ph.D selaku dosen pembimbing tugas akhir. Terimakasih atas kesempatan, bimbingan serta dukungan hingga dapat terselesaikannya tugas akhir ini.
4. Ibu Meiriska Yusfania, ST, MT, selaku dosen pembimbing dua tugas akhir. Terimakasih atas kesabaran dalam membimbing serta dukungan hingga dapat terselesaikannya tugas akhir ini
5. Bapak Khomsin, ST, MT selaku koordinator Tugas Akhir
6. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Teknik Geomatika ITS, yang telah memberikan semangat, harapan, dukungan, ilmu dan bimbingannya.
7. Patner Tugas Akhir saya yaitu Ihsan Naufal M. Yang telah berdiskusi, memberikan saran dan mengerjakan Tugas Akhir ini bersama sama.

8. Seluruh warga HIMAGE-ITS terlebih G13 yang telah memberikan rasa persaudaraan dan nyaman saat pengerjaan tugas akhir.
9. Semua pihak yang telah membantu yang tidak mungkin penulis sebutkan satu per satu

Dengan segala keterbatasan, Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun penulis harapkan untuk pebaikan di masa yang akan datang.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak dan diterima sebagai sumbangan pemikiran dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

Surabaya, Mei 2015

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Gempa Bumi	5
2.2 Deformasi	7
2.2.1 Deformasi dan Survey Geodetik untuk Studi Patahan Aktif.....	9
2.2.2 Transformasi Koordinat dari Geosentrik ke Toposentrik	9
2.2.3 Perhitungan Kecepatan	10
2.3 Metode Penentuan Posisi dengan <i>GPS</i>	11
2.3.1 Metode Absolut	12
2.3.2 Metode Diferensial (Relatif).....	14
2.3.3 Precise Point Positioning.....	15
2.4 Pemantauan Deformasi dengan <i>GPS</i>	16
2.4.1 Pengamatan Dengan <i>GPS</i> Secara Kontinu	17
2.5 Jaring Kontrol Horisontal.....	19
2.5.1 Geometri Jaring Survei <i>GPS</i>	21
2.6 Diskripsi Gempa Sumatera 11 April 2012	23
2.7 Mekanisme Fokus (<i>The Focal Mechanism</i>)	25
2.8 Uji Standar Deviasi	27

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	29
3.1 Lokasi Penelitian	29
3.1.1 Data.....	30
3.1.2 Alat	30
3.2 Metode Penelitian.....	30
3.3 Metode Pengolahan Data.....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Hasil Pengolahan Data GPS	37
4.1.1 Pengolahan <i>GPS</i>	37
4.1.2 Transformasi Koordinat dari Geosentrik ke Toposentrik	41
4.1.3 Uji statistik.....	51
4.1.4 Kecepatan Vektor Pergeseran.....	56
4.1.5 Efek Model Euler Pole.....	58
4.1.6 Arah vektor dan besar pergeseran.....	58
4.2 Analisis Pergeseran Fase <i>Interseismic</i>	60
4.2.1 Pergeseran Horizontal.....	60
4.2.2 Pola Pergeseran.....	62
4.3 Analisis Pergeseran Fase <i>Postseismic</i>	63
4.3.1 Pergeseran Horizontal.....	63
4.3.2 Pola Pergeseran.....	66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA.....	71
LAMPIRAN	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Status Jaring Titik Kontrol Horisontal	20
Tabel 4.1 Koordinat masih ada <i>Outlier</i> Stasiun Biti	51
Tabel 4.2 Standar deviasi masing masing stasiun	55
Tabel 4.3 Standar deviasi masing masing stasiun setelah <i>filtering</i>	56
Tabel 4.4 Kecepatan <i>Easting</i> dan <i>Northing</i>	57
Tabel 4.5 Pergeseran Blok Sunda.....	58
Tabel 4.6 Besar Nilai Hasil Pergeseran Blok Sunda	60
Tabel 4.7 Kecepatan <i>Easting</i> dan <i>Northing</i> dengan resultan pergeseran fase <i>Interseismic</i> (tanggal 28 maret 2012 sampai 11 april 2012).....	61
Tabel 4.8 Kecepatan <i>Easting</i> dan <i>Northing</i> dengan resultan pergeseran fase <i>Postseismic</i> (tanggal 11 april 2012 sampai 27 april 2012).....	64

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus terjadinya gempa bumi pada stasiun SLBU tahun 2009 sampai 2011. (Permana, 2012).....	5
Gambar 2.2 Kuadran pada sistem koordinat	11
Gambar 2.3 Metode penentuan posisi dengan <i>GPS</i>	12
Gambar 2.4 Penentuan posisi metoda absolut	13
Gambar 2.5 Penentuan posisi metoda diferensial.....	14
Gambar 2.6 Pemantauan deformasi gempa bumi secara episodik dengan menggunakan metode survei GPS.....	18
Gambar 2.7. Perbandingan Baseline	21
Gambar 2.8. Contoh Jaring Survei GPS	22
Gambar 2.9. Pola pergeseran <i>Strike-slip faults</i>	23
Gambar 2.10. Gambar kiri Pola pergeseran <i>Right-lateral</i> dan <i>Left-lateral</i> gambar kanan.	24
Gambar 3.1 Titik–titik Episentrum Gempa Simeleu Sumatera Barat	29
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian.....	31
Gambar 3.3 Diagram Alir Pengolahan Data.....	33
Gambar 4.1 Lokasi penelitian (peta persebaran stasiun SUGAR)	37
Gambar 4.2 Halaman utama GPS Tools.....	38
Gambar 4.3 Hasil pengolahan data berupa <i>Observation data</i>	39
Gambar 4.4 <i>raw data</i> hasil pengolahan.	40
Gambar 4.5 <i>Receiver position</i> stasiun BITI.....	40
Gambar 4.6 Hasil pengolahan GPS Tools stasiun BITI	41
Gambar 4.7 Hasil plot grafik stasiun BITI	43
Gambar 4.8 Hasil plot grafik stasiun BSIM	44
Gambar 4.9 Hasil plot grafik stasiun BTHL.....	46
Gambar 4.10 Hasil plot grafik stasiun LEWK	47
Gambar 4.11 Hasil plot grafik stasiun NTUS.....	49
Gambar 4.12 Hasil plot grafik stasiun PBLI	50
Gambar 4.13 Hasil plot grafik stasiun NTUS (<i>Interseismic</i>)	53
Gambar 4.14 Hasil plot grafik stasiun NTUS (<i>Postseismic</i>).....	54
Gambar 4.15 Hasil Plotting GMT Fase <i>Interseismic</i>	59

Gambar 4.16 Hasil Plotting GMT fase <i>Interseismic</i>	62
Gambar 4.17 fenomena <i>Slip right-lateral</i>	63
Gambar 4.18 Plotting fase <i>Postseismic</i>	65
Gambar 4.19 Fenomena <i>Slip right-lateral</i>	66
Gambar 4.20 Fenomena <i>Slip left-lateral</i>	67

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 (Grafik linier *Interseismic* dan *Postseismic* pada dua fase)
- Lampiran 2 (Script GMT *Interseismic* dan *Postseismic*)
- Lampiran 3 (Peta *Interseismic* dan *Postseismic*)

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi gempa. Hal ini terjadi karena letak dari Indonesia yang merupakan pusat pertemuan dari lempeng-lempeng antara lain Eurasia, Filipina, Caroline, Indo-Australia, Pasifik dan beberapa lempeng minor lainnya (Hamilton 1979). Selain itu juga disebabkan oleh aktifitas tektonik dari lempeng-lempeng tersebut. Lempeng-lempeng tersebut terus bergerak seperti halnya lempeng Eurasia dan Indo-Australia yang memiliki pergerakan rata-rata ke arah utara, sedangkan pergerakan lempeng Filipina cenderung ke arah barat laut (Hamilton 1979 dalam USGS, 2011). Terkait dengan lempeng filipina, lempeng Caroline memiliki pergerakan ke arah tenggara di bagian palung Aru dan ke arah barat laut di bagian palung Yap (Seno 1992 dalam USGS, 2011).

Pulau Sumatra termasuk salah satu pulau terbesar di Indonesia. Pulau ini merupakan salah satu wilayah dengan aktifitas tektonik paling aktif di dunia. Sumatra mengakomodasi tumbukan lempeng Indo-Australia yang men-subduksi lempeng Eurasia dengan kecepatan 5-6 cm/tahun (Prawirodirdjo, 2000). Hal ini mengakibatkan Pulau Sumatera rawan terjadi gempa tektonik yang disebabkan dari pergerakan lempeng tersebut. Salah satu gempa besar yang terjadi pada tahun 2010 adalah gempa Mentawai dengan magnitudo gempa 7.7 Mw pada lokasi koordinat 99°93' BT; 3°61' LS dan kedalaman 10 km.

Kabupaten Kepulauan Mentawai merupakan kabupaten kepulauan yang terletak memanjang dibagian paling barat pulau Sumatera dan dikelilingi oleh Samudera Hindia. Kepulauan Mentawai merupakan bagian dari serangkaian pulau non-vulkanik dan gugus kepulauan

itu merupakan puncak-puncak dari suatu punggung pegunungan bawah laut. Kabupaten Kepulauan Mentawai juga terletak di jalur lempeng tektonik sehingga sering terjadi gempa tektonik. Seperti yang sudah dijelaskan pada paragraf sebelumnya gempa yang terjadi pada tahun 2010 tersebut merupakan gempa yang terbesar yang terjadi di Kepulauan Mentawai. Gempa ini juga menimbulkan Gelombang Tsunami yang terjadi di beberapa tempat dan menimbulkan kerugian yang besar dan banyak korban jiwa.

Potensi bencana yang diakibatkan dari pengaruh gempa daratan yang bersumber dari sesar / patahan aktif dapat menimbulkan kerugian dan kerusakan yang lebih parah dibandingkan dengan gempa yang bersumber di lautan, yang terjadi pada magnitudo yang sama. Sebagai gambaran gempa yang pernah terjadi di Bantul Yogyakarta pada tahun 2006 dengan magnitudo 6,3 Mw yang sumber gempanya berasal dari sesar aktif (sesar opak).

Sementara Kota Banda Aceh yang posisinya diapit oleh 2 (dua) sesar aktif, yaitu Sesar Aceh dan Sesar Seulimum. Kedua sesar ini merupakan bagian dari Sistem Sesar Sumatera yang panjangnya sekitar 1900 km. Sistem Sesar Sumatera merupakan suatu sistem sesar aktif mengangan (dekstral) yang memotong Pulau Sumatera dari Kota Banda Aceh di ujung Barat laut sampai dengan Kota Agung di ujung Tenggara. Pergeseran Sistem Sesar Sumatera sangat aktif dengan kecepatan bervariasi : 27 mm/thn di daerah Danau Toba, 15 mm/thn di daerah Danau Maninjau (Sieh, 1991) dan 4-6 mm/thn di daerah Danau Ranau (Bellier, 1991).

Pemantauan deformasi dengan GPS dapat di bagi dua yaitu pemantauan secara kontinu dan pemantauan secara episodik. Prinsip pemantauan deformasi secara kontinu yaitu pemantauan terhadap perubahan koordinat beberapa titik yang mewakili sebuah fenomena gempa bumi dari waktu ke waktu. Metode ini, menggunakan beberapa alat penerima

sinyal (*reciever*) GPS yang ditempatkan pada beberapa titik pantau pada area gempa bumi, serta pada suatu pusat pemantau (stasiun referensi) yang merupakan pusat pemrosesan data. Data dan informasi deformasi permukaan selanjutnya digunakan untuk mengungkapkan karakteristik dari aktivitas gempa bumi. Gejala deformasi gempa bumi akan menyebabkan pergeseran posisi suatu titik sekitar gempa. Pergeseran tersebut bisa terjadi baik secara horizontal maupun vertikal.

Dengan adanya pemantauan deformasi menggunakan GPS secara kontinu dapat diperoleh informasi mengenai pergeseran suatu titik di permukaan bumi sehingga dapat diketahui akibat pergeseran lempeng. Dengan adanya pemantauan tersebut dapat diketahui karakteristik deformasi dari fenomena gempa bumi.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan permasalahan dalam penelitian tugas akhir kali ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana arah pergeseran yang terjadi selama fase *Interseismic* dan fase *Postseismic* Gempa Sumatera 11 April 2012 *Magnitude* 8,6 ?
- b. Bagaimana besar pergeseran (vektor pergeseran) pada fase *Interseismic* dan fase *Postseismic* gempa Sumatera 11 April 2012 *Magnitude* 8,6 ?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan permasalahan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Wilayah studi berada di Stasiun *SUGAR BITI*, *BSIM*, *BTHL*, *LEWK*, *NTUS*, dan *PBLI* yang dekat dengan gempa Sumatera 2012 dengan *Magnitude* 8,6.
- b. Penelitian ini diharapkan mampu menjelaskan karakteristik gempa yang terjadi dan memberikan

besar pergeseran yang terjadi akibat Gempa Sumatera 11 April 2012.

- c. Data yang digunakan adalah data SUGAR pengamatan selama 30 hari pada Bulan Maret dan April secara kontinu tahun 2012.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

- a. Mengetahui arah pergeseran secara relatif pada fase *Interseismic* dan fase *Postseismic* dari titik-titik pemantaun Gempa Bumi Sumatera 11 April 2012 dengan Magnitude 8,6.
- b. Mengetahui besar pegeseran (vektor pergeseran) pada fase *Interseismic* dan fase *Postseismic* Gempa Bumi Sumatera 11 April 2012 dengan Magnitude 8,6 menggunakan data GPS.

1.5 Manfaat

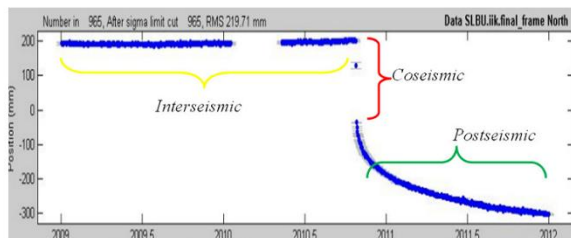
Penelitian kali ini bermanfaat untuk bentuk dari mitigasi bencana yang di fokuskan pada Gempa Bumi yaitu sebagai informasi untuk gempa-gempa selanjutnya untuk efisiensi evakuasi dan hal yang lainnya. Karena itu suatu gempa selalu di lihat sejarah gempa terdahulu yang pernah terjadi khususnya di wilayah barat Pantai Sumatera.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gempa Bumi

Pergerakan lempeng tektonik memiliki pengaruh yang besar pada berbagai fenomena alam, misalnya menyebabkan terbentuknya sesar dan juga terjadinya gempa bumi. Terbentuknya bidang sesar secara umum diakibatkan oleh aktivitas tektonik lempeng Bumi yang dapat mengakibatkan terjadinya gempa bumi. Gempa bumi mempunyai sifat berulang, suatu gempa yang terjadi di waktu tertentu akan terulang lagi dimasa yang akan datang dalam periode waktu tertentu. Istilah perulangan gempa ini dinamakan siklus gempa bumi (Andreas, 2007). Gempa bumi adalah getaran atau guncangan yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik. Gempa Bumi biasa disebabkan oleh pergerakan kerak Bumi (lempeng Bumi). Frekuensi suatu wilayah, mengacu pada jenis dan ukuran gempa Bumi yang di alami selama periode waktu. Secara garis besar, siklus gempa bumi dibagi dalam tiga fase yaitu: *Interseismic*, *coseismic*, dan *Postseismic* (Permana, 2012). Ilustrasi mengenai ketiga fase tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 2.1 Siklus terjadinya gempa bumi pada stasiun SLBU tahun 2009 sampai 2011. (Permana, 2012)

- a. Tahapan *Interseismic*, merupakan tahapan awal dari suatu siklus gempa bumi. Pada tahap ini, arus konveksi di lapisan dalam bumi menyebabkan pergerakan lempeng sehingga menimbulkan akumulasi energi di tempat batas antara dua lempeng, tempat biasanya terjadi gempa bumi. Ditandai dengan warna kuning pada gambar 2.1.
- b. Tahapan *Coseismic*, merupakan tahapan ketika terjadinya gempa bumi dimana energi yang telah terakumulasi dari tahapan inter-seismic dilepaskan secara tiba-tiba. Ditandai dengan warna merah pada gambar 2.1.
- c. Tahapan *Postseismic*, merupakan tahapan ketika sisa-sisa energi gempa terlepas secara perlahan dalam kurun waktu tertentu sampai kembali ke tahap kesetimbangan awal yang baru. Ditandai dengan warna hijau pada gambar 2.1.

Menurut teori lempeng tektonik, permukaan bumi terpecah menjadi beberapa lempeng tektonik besar. Lempeng tektonik adalah segmen kerak bumi yang mengapung diatas astenosfer yang cair dan panas. Oleh karena itu, maka lempeng tektonik ini bebas untuk bergerak dan saling berinteraksi satu sama lain. Daerah perbatasan lempeng-lempeng tektonik, merupakan tempat-tempat yang memiliki kondisi tektonik yang aktif, yang menyebabkan gempa bumi, gunung berapi dan pembentukan dataran tinggi. Teori lempeng tektonik merupakan kombinasi dari teori sebelumnya yaitu: Teori Pergerakan Benua (*Continental Drift*) dan Pemekaran Dasar Samudra (*Sea Floor Spreading*).

Lapisan paling atas bumi, yaitu litosfir, merupakan batuan yang relatif dingin dan bagian paling atas berada pada kondisi padat dan kaku. Di bawah lapisan ini terdapat batuan yang jauh lebih panas yang disebut mantel. Lapisan ini

sedemikian panasnya sehingga senantiasa dalam keadaan tidak kaku, sehingga dapat bergerak sesuai dengan proses pendistribusian panas yang kita kenal sebagai aliran konveksi. Lempeng tektonik yang merupakan bagian dari litosfir padat dan terapung di atas mantel ikut bergerak satu sama lainnya. Ada tiga kemungkinan pergerakan satu lempeng tektonik relatif terhadap lempeng lainnya, yaitu apabila kedua lempeng saling menjauhi (*spreading*), saling mendekati (*collision*) dan saling geser (*transform*).

Jika dua lempeng bertemu pada suatu sesar, keduanya dapat bergerak saling menjauhi, saling mendekati atau saling bergeser. Umumnya, gerakan ini berlangsung lambat dan tidak dapat dirasakan oleh manusia namun terukur sebesar 0-15cm pertahun. Kadang-kadang, gerakan lempeng ini macet dan saling mengunci, sehingga terjadi pengumpulan energi yang berlangsung terus sampai pada suatu saat batuan pada lempeng tektonik tersebut tidak lagi kuat menahan gerakan tersebut sehingga terjadi pelepasan mendadak yang kita kenal sebagai gempa bumi (Permana, 2012).

2.2 Deformasi

Deformasi adalah perubahan bentuk, posisi, dan dimensi dari suatu benda (Kuang,1996). Berdasarkan definisi tersebut deformasi dapat diartikan sebagai perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik pada suatu benda secara absolut maupun relatif. Dikatakan titik bergerak absolut apabila dikaji dari perilaku gerakan titik itu sendiri dan dikatakan relatif apabila gerakan itu dikaji dari titik yang lain. Perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik pada umumnya mengacu kepada suatu sistem kerangka referensi (absolut atau relatif).

Adapun faktor-faktor yang mengontrol terjadinya deformasi suatu materi adalah :

- a) Temperatur dan tekanan ke semua arah; pada temperatur dan tekanan yang rendah akan lebih

- cepat terjadi patahan, pada temperatur dan tekanan yang tinggi akan terjadi lenturan atau bahkan lelehan.
- b) Kecepatan gerakan yang disebabkan oleh gaya yang diberikan; gerakan yang cepat dapat menyebabkan patahan, sedangkan gerakan yang lambat dapat menimbulkan lenturan, tergantung dari bahan yang bersangkutan dan dari keadaan-keadaan lain.
 - c) Sifat material, yang bisa lebih rapuh atau lebih lentur

Untuk mengetahui terjadinya deformasi pada suatu tempat diperlukan suatu survei, yaitu survei deformasi dan geodinamika. Survei deformasi dan geodinamika sendiri adalah survei geodetik yang dilakukan untuk mempelajari fenomena-fenomena deformasi dan geodinamika. Fenomena-fenomena tersebut terbagi atas 2, yaitu fenomena alam seperti pergerakan lempeng tektonik, aktivitas gunung api, dan lain-lain. Fenomena yang lain adalah fenomena manusia seperti bangunan, jembatan, bendungan, permukaan tanah, dan sebagainya.

Survei deformasi dan geodinamika itu sendiri bisa bermacam-macam metodenya. Dengan metode konvensional bisa dilakukan juga, contohnya dengan menggunakan theodolite ataupun sipat datar. Dengan kemajuan teknologi muncul metode baru dalam survei deformasi dan geodinamika, yaitu metode satelit. Dengan metode satelit dapat dilakukan dengan menggunakan *Global Positioning System* (GPS) ataupun dengan menggunakan penginderaan jauh.

Salah satu contoh dalam survey deformasi dan geodinamika adalah pengamatan pergerakan lempeng. Interior bumi kita terdiri dari lapisan-lapisan yang mempunyai karakteristik tersendiri. *Lithosphere* yang merupakan tempat berpijaknya benua dan samudra, berada

di atas lapisan yang berifat fluida yaitu lapisan *Astenosphere* dan *Mesosphere*. Sehingga *Lithosphere* seolah-olah mengapung, dan selalu dalam keadaan tidak stabil, sangat mudah bergerak jika ada beban atau gaya yang bekerja padanya. Salah satu gaya yang menyebabkan terjadinya pergerakan lempeng adalah arus Konveksi.

2.2.1 Deformasi dan Survey Geodetik untuk Studi Patahan Aktif

Deformasi adalah perubahan kedudukan / pergerakan secara *Absolute* atau *Relative* dari posisi suatu materi atau perubahan kedudukan dalam dimensi yang linier. Ini merupakan perubahan bentuk materi yang terbagi dalam tiga fenomena, yaitu:

- a. Secular (perubahan linier, lambat dan merambat)
- b. Periodik (perubahan mempunyai selang waktu antara detik sampai perubahan tahun)
- c. Episodik (perubahan secara tiba - tiba dan cepat)

2.2.2 Transformasi Koordinat dari Geosentrik ke Toposentrik

Dalam Pengolahan GPSTools *output* yang di hasilkan masih dalam koordinat Geosentrik. Ada tahapan selanjutnya yaitu proses transformasi koordinat geosentrik ke dalam sistem koordinat toposentrik (E, N, U) yang pusat sumbunya berada dipermukaan bumi dan sifatnya lokal sehingga dapat memperlihatkan besarnya pergeseran permukaan bumi. Adapun persamaan (Priyatna dan Kuntjoro, 2005) yang digunakan sebagai berikut :

$$\begin{pmatrix} n_A \\ e_A \\ u_A \end{pmatrix} = \mathbf{R}(\varphi_0, \lambda_0) \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_A - X_0 \\ Y_A - Y_0 \\ Z_A - Z_0 \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$\mathbf{R}(\varphi_0, \lambda_0) = \begin{pmatrix} -\sin\varphi_0 \cos\lambda_0 & -\sin\varphi_0 \sin\lambda_0 & \cos\varphi_0 \\ -\sin\lambda_0 & \cos\lambda_0 & 0 \\ \cos\varphi_0 \cos\lambda_0 & \cos\varphi_0 \sin\lambda_0 & \sin\varphi_0 \end{pmatrix} \quad (3)$$

2.2.3 Perhitungan Kecepatan

Besar kecepatan pergeseran stasiun GPS dihitung menggunakan rumus (Sudrajat, 2014):

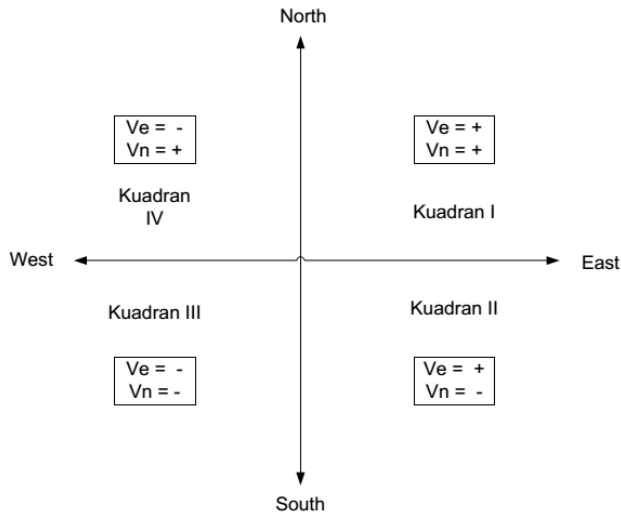
$$X_t = X_{t_0} + (t - t_0) V \quad (4)$$

Dari rumus diatas ada selang waktu yaitu X_t pengamatan pada epok t dan X_{t_0} pengamatan pada epok t_0 , dan V menunjukkan kecepatan. Resultan vektor pergeseran kemudian dihitung dengan menggunakan rumus

$$V_R = \sqrt{V_n^2 + V_e^2} \quad (5)$$

Dimana besar atau nilai pergeseran di dapat dari kecepatan *northing* V_n dan kecepatan *easting* V_e . Setelah itu dicari arah vektor pergeseran dengan rumus berikut

$$\alpha = \tan \frac{V_e}{V_n} \quad (6)$$



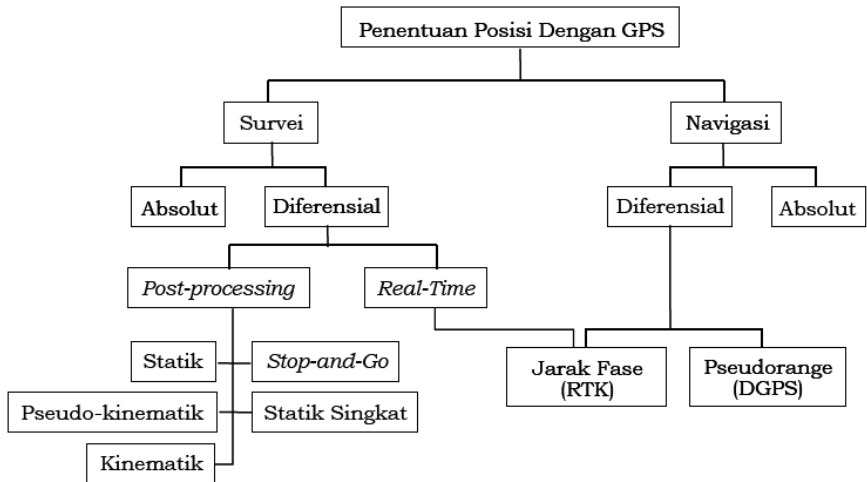
Gambar 2.2 Kuadran pada sistem koordinat

Merupakan acuan yang digunakan untuk menentukan arah vektor pergesran sesuai kuadran yang telah ditentukan.

2.3 Metode Penentuan Posisi dengan GPS

Pada prinsipnya penentuan posisi dengan *GPS* merupakan metode pengikatan ke belakang (*resection*) dengan pengukuran jarak ke beberapa satelit yang telah diketahui koordinatnya. Dua prinsip utama penentuan posisi adalah metode absolut dan diferensial (Abidin, 2004).

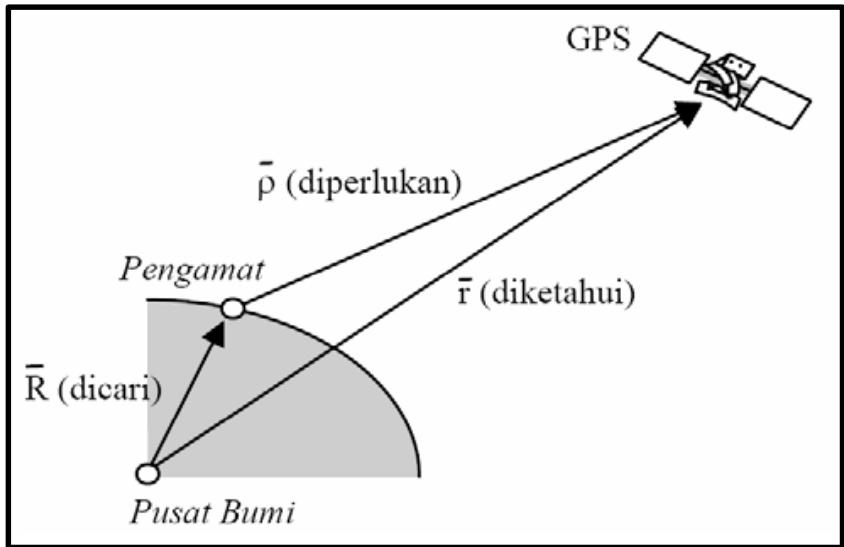
Pada pelaksanaannya, prinsip penentuan posisi dasar dengan satelit navigasi dapat diklasifikasikan atas beberapa metode penentuan posisi tergantung pada mekanisme pengaplikasian. Patut dicatat disini bahwa posisi yang diberikan oleh satelit adalah posisi 3 dimensi (X,Y,Z ataupun L,B,h). Metode penentuan posisi dengan satelit navigasi dapat dikelompokkan atas beberapa metode yaitu seperti terlihat pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Metode penentuan posisi dengan *GPS*
(Abidin, 2002)

2.3.1 Metode Absolut

Pada dasarnya penentuan posisi menggunakan satelit dilakukan dengan mengukur vektor jarak (ρ) dari satelit ke titik yang akan ditentukan posisinya. Dengan catatan bahwa posisi satelit (r) telah diketahui letak relatif terhadap pusat bumi, dan posisi titik (P) yang akan diperoleh juga relatif terhadap pusat bumi (Abidin, 2004). Penentuan posisi dengan menggunakan metode absolut tampak dari gambar 2.4 di bawah ini :

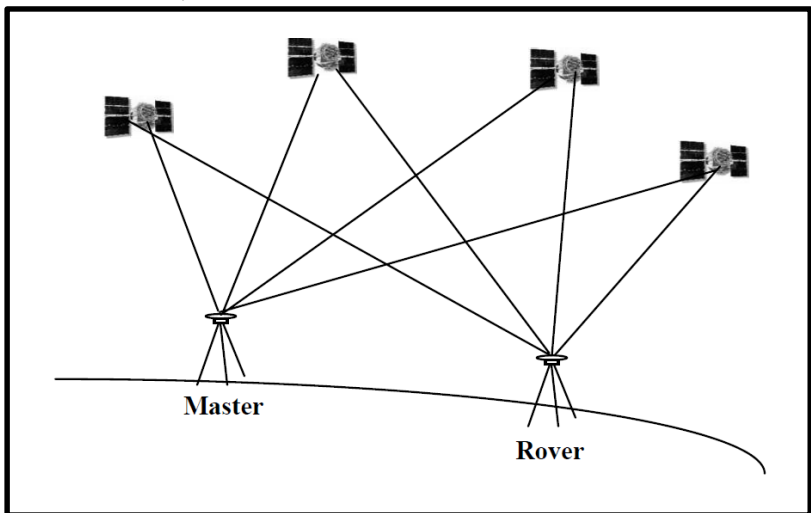


Gambar 2.4 Penentuan posisi metoda absolut
(Abidin, 2002)

Pada metode ini penentuan posisi suatu titik tidak bergantung terhadap titik lainnya (hanya digunakan satu receiver), sehingga kesalahan jam receiver masih besar pengaruhnya. Oleh karena itu metode ini tidak digunakan dalam pengukuran yang membutuhkan ketelitian posisi yang tinggi. Ada 4 (empat) parameter yang akan ditentukan nilainya dalam metode absolut, yaitu 3 (tiga) parameter koordinat (X,Y,Z atau L,B,h) dan parameter kesalahan jam satelit. Parameter bisa didapatkan dengan solusi dari minimal 4 (empat) persamaan, dimana tiap persamaan diturunkan dari model matematika pengukuran jarak ke satelit. Jadi dibutuhkan minimal 4 (empat) satelit untuk bisa mendapatkan posisi dengan metode absolut.

2.3.2 Metode Diferensial (Relatif)

Metode diferensial sering pula disebut sebagai metode penentuan posisi relatif. Pada metode diferensial, posisi suatu titik ditentukan relatif terhadap titik lain yang telah diketahui koordinatnya. Titik yang akan ditentukan posisinya dinamakan rover, sedangkan titik yang telah diketahui koordinatnya dinamakan master. Metode ini dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut ini.



Gambar 2.5 Penentuan posisi metoda diferensial
(Abidin, 2007)

Pengurangan data pengamatan dapat dilakukan pada metode ini, akibatnya beberapa jenis kesalahan dan bias yang biasa muncul dalam pengukuran *GPS* dapat dieliminasi atau direduksi. Dengan demikian metode ini dapat memberikan data dengan akurasi dan presisi yang tinggi

sehingga pada akhirnya presisi dan akurasi posisi yang diinginkan akan ikut meningkat.

2.3.3 Precise Point Positioning

Metode penentuan posisi *Precise Point Positioning* (PPP) adalah metode penentuan posisi yang berkembang belakangan ini. Metode ini pada dasarnya adalah metode penentuan posisi *absolut* yang menggunakan data *one-way* fase dan *psedorange* dalam bentuk kombinasi bebas Ionosfer. Metode ini umumnya dioperasionalkan dalam metode stastik dan memerlukan data GPS dua frekuensi yang diamati menggunakan *reciver GPS* tipe geodetik.

Disamping itu menurut (Kouba and Heroux, 2001), untuk penentuan posisi *absolute* menggunakan data fase, beberapa parameter koreksi tambahan harus diperhitungkan dalam pengolahan data, yaitu antara lain: efek pergerakan satelit (*satellite attitude effects*), efek pergerakan lokasi pengamatan (*site displacement effects*), serta pertimbangan kompatibilitas (*compatibility considerations*). Efek pergerakan satelit mencakup *offset* antena satelit dan koreksi *phase wind-up*. Sedangkan efek pergeseran lokasi pengamat mencakup pasang surut Bumi (*solid earth tides*), serta pasang surut laut.

Earth Rotation Parameters (ERP) yang terdiri dari presisi, nutasi, pergerakan kutub dan perubahan panjang hari. Sedangkan pertimbangan kompatibilias mencakup pembobotan yang konsisten dari kesalahan orbit dan jam satelit serta model dan konvensi yang diimplementasikan dalam pengolahan data.

Metoda PPP sangat cocok bagi peneliti karena tidak membutuhkan dua atau lebih *receiver GPS* yang simultan. Hal ini tidak terbatas untuk keberhasilan solusi guna perhitungan panjang baseline dan cocok untuk penentuan posisi platform. Tidak seperti halnya pada penentuan posisi secara relatif, beberapa bentuk kesalahan atau bias tidak dapat dihilangkan pada penentuan posisi *absolute* teliti atau *Precise Point Positioning* (PPP). Pergerakan stasiun atau *receiver* yang merupakan hasil dari fenomena geofisik seperti pergerakan lempeng tektonik, pasang surut bumi dan pembebanan samudera. Pendekatan ini dikenal dengan nama *Precise Point Positioning* (Kouba J. dan Heroux, 2001).

2.4 **Pemantauan Deformasi dengan GPS**

GPS adalah sistem radio navigasi dan penentuan posisi menggunakan satelit milik Amerika Serikat. Nama formal dari sistem satelit militer ini adalah NAVSTAR *GPS*, kependekan dari *NAVigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System*. Sistem yang dapat digunakan oleh banyak orang sekaligus dalam segala cuaca ini, didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga-dimensi yang teliti, dan juga informasi mengenai waktu, secara kontinu di seluruh dunia.

Dalam konteks studi deformasi gempa bumi dengan metode survei *GPS*, ada beberapa keunggulan dan keuntungan dari *GPS* yang perlu dicatat, yaitu antara lain:

- a. *GPS* dapat mencakup suatu kawasan yang relatif luas tanpa memerlukan saling keterlihatan antar titik-titik pengamatan. Dengan karakteristik seperti ini, *GPS* dapat memantau terjadinya gempa bumi secara *real time*.

- b. *GPS* memberikan nilai vektor koordinat serta pergerakan titik (dari minimum dua kala pengamatan) dalam tiga dimensi (dua komponen horisontal dan satu komponen vertikal), sehingga dapat informasi deformasi yang lebih baik dibandingkan metode-metode terestris yang umumnya memberikan informasi deformasi dalam satu atau dua dimensi.
- c. *GPS* memberikan nilai vektor pergerakan titik dalam suatu sistem koordinat referensi yang tunggal dan stabil baik secara spasial maupun temporal. Dengan itu maka *GPS* dapat digunakan untuk memantau deformasi gempa dalam kawasan yang luas secara konsisten dari waktu ke waktu.
- d. *GPS* dapat memberikan nilai vektor pergerakan dengan tingkat presisi sampai beberapa mm, dengan konsistensi yang tinggi baik secara spasial maupun temporal. Dengan tingkat presisi yang tinggi dan konsisten ini maka diharapkan besarnya pergerakan titik yang kecil sekalipun akan dapat terdeteksi dengan baik.
- e. *GPS* dapat dimanfaatkan secara kontinu tanpa tergantung waktu (siang maupun malam), dalam segala kondisi cuaca. Dengan karakteristik semacam ini maka pelaksanaan survei *GPS* untuk studi deformasi gempa bumi dapat dilaksanakan secara efektif dan fleksibel.

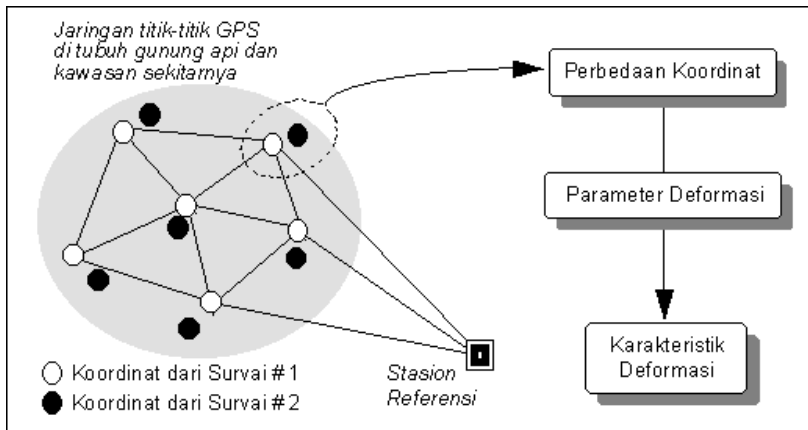
Pemantauan deformasi gempa bumi dengan metode survei *GPS* ini sudah diterapkan pada banyak gempa bumi di luar negeri khususnya di Jepang.

2.4.1 Pengamatan Dengan *GPS* Secara Kontinu

Prinsip dari metode pemantauan aktivitas gempa bumi dengan *GPS* pada dasarnya sangat mudah, yaitu pemantauan terhadap perubahan koordinat dari beberapa titik yang mewakili daerah gempa tersebut dari waktu ke waktu. Pada

metode ini, beberapa receiver *GPS* ditempatkan di beberapa titik pantau atau stasiun *GPS*. Pusat pemantau atau stasiun receiver *GPS* adalah suatu lokasi yang telah diketahui koordinatnya, dan sebaiknya ditempatkan di kota yang terdekat dengan pusat gempa tersebut.

Koordinat titik-titik pantau kemudian ditentukan secara teliti dengan *GPS*, dengan menggunakan metode penentuan posisi differensial secara *realtime* dengan menggunakan data pengamatan fase. Data pengamatan *GPS* dari titik-titik pantau harus dikirimkan secara *realtime* ke pusat pemantau untuk di proses bersama-sama dengan data pengamatan *GPS* di pusat pemantau. Berikut ini adalah ilustrasi pemantauan deformai gempa bumi dengan menggunakan *GPS*.



Gambar 2.6 Pemantauan deformasi gempa bumi secara episodik dengan menggunakan metode survei *GPS*

(Abidin, 2007)

Saat ini dengan menggunakan teknologi *Global Positioning System* (*GPS*), dapat diketahui pergerakan deformasi yang terjadi sebelum dan sesudah gempa. Oleh karena itu, diperlukan suatu kajian yaitu, studi deformasi

dan geodinamika dari pergerakan lempeng tektonik yang menjadi ancaman bagi kehidupan masyarakat khususnya untuk daerah Sumatera dan sekitarnya.

2.5 Jaring Kontrol Horisontal

Jaring kontrol horisontal adalah sekumpulan titik kontrol horisontal yang satu sama lain dikaitkan dengan data ukuran jarak dan/atau sudut, dan koordinatnya ditentukan dengan metode pengukuran / pengamatan tertentu dalam suatu sistem referensi kordinat horisontal tertentu (BSN, 2002).

Kualitas dari koordinat titik-titik dalam suatu jaring kontrol horisontal umumnya akan dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti sistem peralatan yang digunakan untuk pengukuran/pengamatan, geometri jaringan, strategi pengukuran/pengamatan, serta strategi pengolahan data yang diterapkan.

Pengadaan jaring titik kontrol horisontal di Indonesia sudah dimulai sejak jaman penjajahan Belanda, yaitu dengan pengukuran triangulasi yang dimulai pada tahun 1862. Selanjutnya dengan pengembangan sistem satelit navigasi Doppler (Transit), sejak tahun 1974 pengadaan jaring titik kontrol juga mulai memanfaatkan sistem satelit ini. Dengan berkembangnya sistem satelit GPS, sejak tahun 1989, pengadaan jaring titik kontrol horisontal di Indonesia umumnya bertumpu pada pengamatan satelit GPS ini.

Pada dasarnya pada saat ini, jaring titik kontrol horisontal di Indonesia dapat dikelompokkan sebagaimana yang diberikan pada Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Status Jaringan Titik Kontrol Horizontal
(BSN, 2002)

Kalsifikasi Jaringan	Jarak Tipikal antar Titik	Fungsi saat ini	Metode Pengamatan
Orde-0	500 km	Jaring kontrol geodetik nasional	Survei GPS
Orde-1	100 km	Jaring kontrol geodetik regional	Survei GPS
Orde-2	10 km	Jaring kontrol kadastral regional	Survei GPS
Orde-3	2 km	Jaring kontrol kadastral local	Survei GPS
Orde-4	0.1 km	Jaring kontrol pemetaan kadastral	Survei Poligon

Dalam pengklasifikasian jaringan titik kontrol geodetik di Indonesia ini, ada beberapa faktor yang dijadikan pertimbangan yaitu:

- Status dan karakteristik jaringan titik kontrol yang sudah ada,
- Perkembangan dan kecenderungan teknik dan aplikasi penentuan posisi di masa mendatang, serta
- Mekanisme klasifikasi yang digunakan di Negara lain.

Klasifikasi suatu jaringan kontrol didasarkan pada tingkat presisi dan tingkat akurasi dari jaringan yang bersangkutan, dimana tingkat presisi diklasifikasikan berdasarkan Kelas, dan tingkat akurasi diklasifikasikan berdasarkan Orde (BSN, 2002).

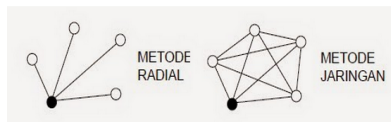
2.5.1 Geometri Jaring Survei GPS

Distribusi titik-titik per se relatif tidak mempengaruhi kualitas jaringan. Tapi distribusi dari baseline bebas (independent) akan mempengaruhi :

- pilih lokasi titik sesuai dengan keperluan dan tujuan survei.
- usahakan jumlah baseline bebas yang semaksimal dan seoptimal mungkin.

Sebatas tahap perhitungan *baseline*, bentuk jaring titik-titik GPS bukanlah suatu isu yang krusial dibandingkan dengan ukuran (besar) jaringan. Dengan kata lain panjang baseline lebih berpengaruh dibandingkan letak dan orientasi nya.

Untuk keperluan penentuan *cycle ambiguity*, panjang baseline dalam suatu jaring GPS sebaiknya bervariasi secara gradual dari pendek ke panjang (*bootstrapping method*).



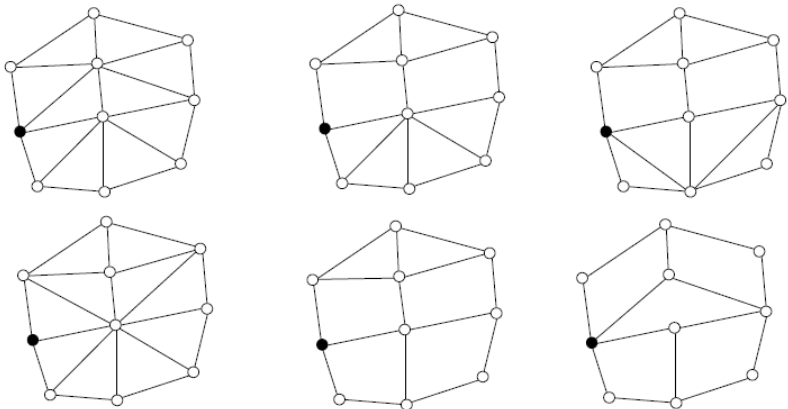
No.	Metode Jaringan	Metode radial
1.	10 baseline bebas	4 baseline bebas
2.	Geometri untuk penentuan posisi relatif lebih kuat	Geometri untuk penentuan posisi relatif lebih lemah
3.	Ketelitian posisi yang diperoleh relatif lebih tinggi	Ketelitian posisi yang diperoleh relatif lebih lemah
4.	Waktu pengumpulan dan pengolahan data relatif lebih akan lebih lambat	Waktu pengumpulan dan pengolahan data relatif lebih akan lebih cepat
5.	Jumlah receiver dan atau sesi pengamatan yang diperlukan relatif lebih banyak	Jumlah receiver dan atau sesi pengamatan yang diperlukan relatif lebih sedikit
6.	Biaya untuk logistik, transportasi dan akomodasi relatif akan lebih mahal	Biaya untuk logistik, transportasi dan akomodasi relatif akan lebih murah
7.	Kontrol kualitas relatif lebih baik	Kontrol kualitas relatif lebih lemah

Gambar 2.7. Perbandingan Baseline

(Abidin, 2000)

Tapi dari segi menjaga tingkat dan konsistensi ketelitian titik-titik dalam jaringan, jarak antar titik sebaiknya tidak terlalu panjang dan juga titik-titik tersebut sebaiknya terdistribusi secara merata dan teratur.

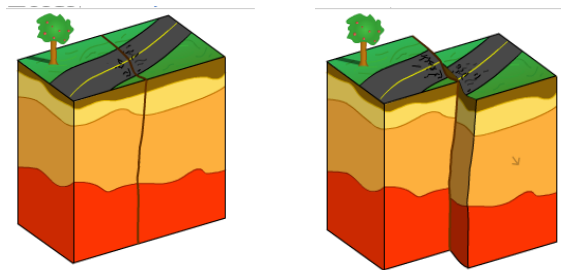
Baseline sebaiknya tidak terlalu panjang (< 20 km); karena semakin panjang baseline pengaruh kesalahan orbit dan refraksi ionosfir akan semakin besar. Untuk kontrol kualitas dan menjaga kekuatan jaringan, sebaiknya baseline yang diamati saling menutup dalam suatu *loop* dan tidak terlepas begitu saja. Kalau karena sesuatu hal, pengamatan baseline harus dilakukan secara terlepas (metode radial), maka sebaiknya setiap baseline diamati 2 kali pada 2 sesi pengamatan yang berbeda. Semakin banyak jumlah baseline Bebas (*independent*) yang diamati dalam suatu jaringan akan semakin baik. Hindari baseline Trivial, gunakan baseline Bebas (*independent*). Dalam perhitungan jaringan, baseline Brivial tidak digunakan (Abidin, 2000).



Gambar 2.8. Contoh Jaring Survei GPS
(Abidin, 2000)

2.6 Diskripsi Gempa Sumatera 11 April 2012

Tanggal 11 April 2012 terjadi gempa bumi dengan magnitudo 8.6 Mw di lepas pantai barat pulau Sumatera. Gempa ini terjadi akibat fenomena *Strike Slip Faulting* dalam lapisan litosfer samudera dari Lempeng Indo-Australia. Gempa terletak di 100 km dengan kedalaman sekitar 22.4 km di barat daya zona subduksi utama yang mendefinisikan batas lempeng antara India / Australia dan lempeng Sunda lepas pantai Sumatera. Pada lokasi ini lempeng India / Australia bergerak ke arah timur laut sehubungan dengan lempeng Sunda dengan kecepatan sekitar 52mm / tahun.



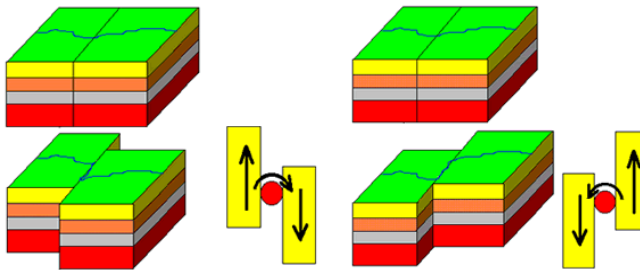
Gambar 2.9. Pola pergeseran *Strike-slip faults*
(USGS, 2012)

Fenomena *Strike Slip* sesar geser belum pernah terjadi sebelumnya di wilayah barat daya dari zona subduksi dan menjadi daerah perbatasan yang memisahkan lempeng India dan Australia. Akibat dari gempa dengan Magnitude 9.1 yang memecahkan pelat Sunda Megathrust sepanjang 1300km pada bulan desember 2004, fenomena *Strike Slip* terjadi sebanyak tiga kali pada tanggal 19 April 2006 (Mw6.2), 4 Oktober 2007 (Mw6.2), dan 10 Januari 2012 (Mw7.2). Kemudian di susul gempa terakhir pada tanggal 11 April 2012 ini. Dari tiga gempa yang terjadi ditambah dengan dua

gempa besar yang salah satunya pada 11 April 2012 ini secara konsisten menandakan adanya pergerakan *Slip left-lateral* yang bergerak ke arah timur laut atau adanya pergerakan *Slip right-lateral* yang bergerak ke arah barat laut.

Penjelasan singkat mengenai *Strike-slip faults* merupakan potongan vertikal di mana blok sebagian besar telah pindah secara horizontal. Jika blok berlawanan pengamat bergerak ke kanan, gaya slip disebut *right lateral* jika blok bergerak ke kiri, gerakan ini disebut *left lateral*.

Sedangkan untuk deskripsi dari *right-lateral* adalah Jika Anda berdiri di perpotongan dan terlihat sepanjang panjangnya, ini adalah jenis strike-slip fault dimana blok kanan bergerak ke arah Anda dan blok kiri bergerak menjauh. *Left-lateral* Jika Anda berdiri di perpotongan dan terlihat sepanjang panjangnya, ini adalah jenis strike-slip fault dimana blok kiri bergerak ke arah Anda dan blok kanan bergerak menjauh.

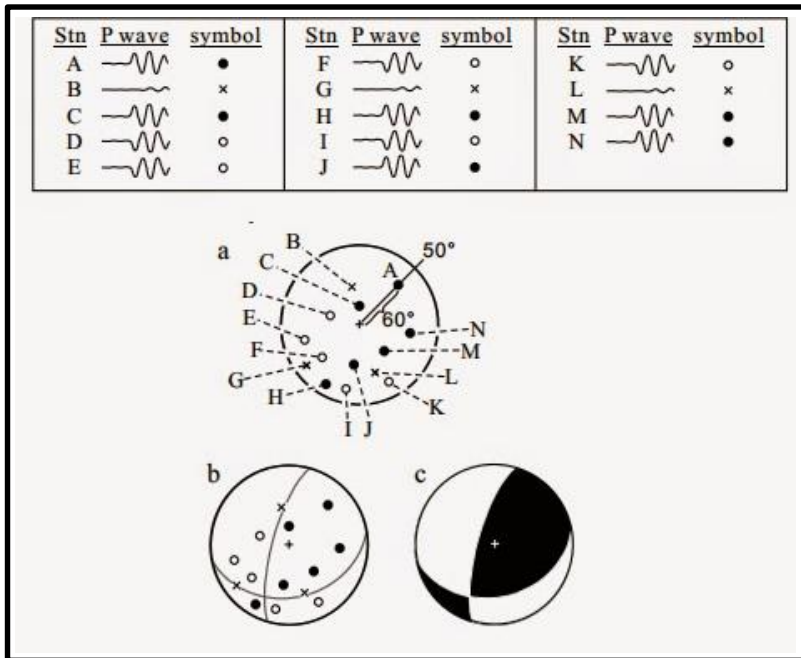


Gambar 2.10. Gambar kiri Pola pergeseran *Right-lateral* dan *Left-lateral* gambar kanan.
(USGS, 2012)

2.7 Mekanisme Fokus (*The Focal Mechanism*)

Seismolog mengacu pada arah *slip* dalam gempa bumi dan orientasi kesalahan yang terjadi sebagai Mekanisme Fokus (*The Focal Mechanism*). Mereka menggunakan informasi dari seismogram untuk menghitung Mekanisme Fokus dan biasanya menampilkannya pada peta sebagai "*beach ball*" simbol. Simbol ini adalah proyeksi pada bidang horizontal dari bagian bawah imajiner, kulit bola (*sphere focal*). Sebuah garis jelas di mana bidang kesalahan memotong kerak bumi. Orientasi *stres* lapangan pada saat pecahnya mengatur arah *slip* pada bidang sesar dan bola pantai juga menggambarkan orientasi *stres* ini. Dalam skema ini, kuadran abu-abu berisi sumbu ketegangan (T), yang mencerminkan arah tegangan tekan minimum, dan kuadran putih mengandung sumbu tekanan (P), yang mencerminkan arah tegangan tekan maksimum. Mekanisme Fokus yang dihitung hanya menampilkan P dan T. Mekanisme Fokus berasal dari solusi momen tensor gempa bumi, yang dapat diperkirakan dari analisis gelombang seismik teramati.

Saat terjadi gempa bumi, terjadi pelepasan energi yang menyebar keseluruh bagian bumi. Mekanisme fokus dapat diturunkan dengan mengamati pola gerakan pertama/*first motion* gempa bumi yaitu, apakah gelombang P yang tiba tercatat pertama kali pada seismometer berupa puncak atau lembah. Dalam hal ini, energi yang tersebar oleh gempa akibat sesar membagi bumi menjadi empat bagian. Perbedaan *first motion* ini disebabkan karena posisi stasiun terhadap sumber gempa bumi.

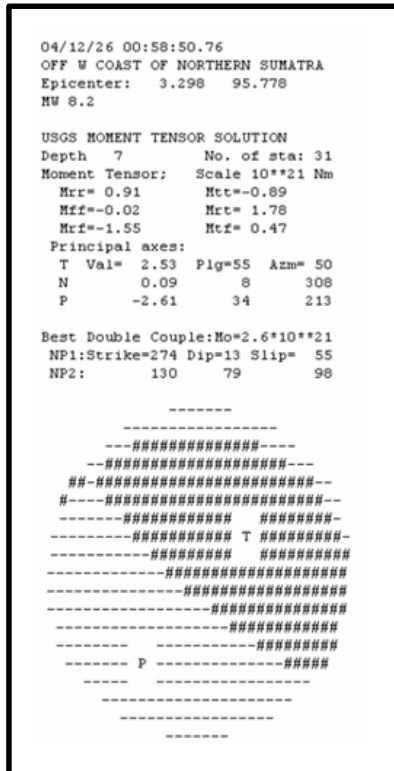


Gambar 2.11 Di atas menjelaskan contoh cara pembuatan mekanisme fokus. (USGS, 2011)

Solusi momen tensor biasanya ditampilkan secara grafis menggunakan diagram beachball. Pola energi radiasi selama gempa bumi dengan satu arah gerakan pada satu bidang patahan dapat dimodelkan sebagai pasangan ganda, yang digambarkan secara matematis sebagai kasus khusus dari sebuah tensor urutan kedua (sama dengan tegangan dan regangan) yang dikenal sebagai momen tensor.

Gempa bumi yang tidak disebabkan oleh pergerakan sesar memiliki pola yang sangat berbeda dengan radiasi energi. Dalam kasus ledakan nuklir bawah tanah, misalnya, momen tensor seismiknya adalah isotropik. Dengan ini kita

bisa membedakan antara gempa yang disebabkan oleh pergerakan struktur geologi dan gempa akibat ledakan.



Gambar 2.12 Momen tensor pada gempa aceh 2004

2.8 Uji Standar Deviasi

Pada penelitian kali ini menggunakan uji statistik standar deviasi dengan tujuan untuk melihat apakah sampel diambil dari populasi yang sesuai dengan nilai toleransi yang didapat. Dari uji statistik ini akan didapatkan data *Outlier* bila didapatkan data yang simpangannya terlalu jauh dari populasi

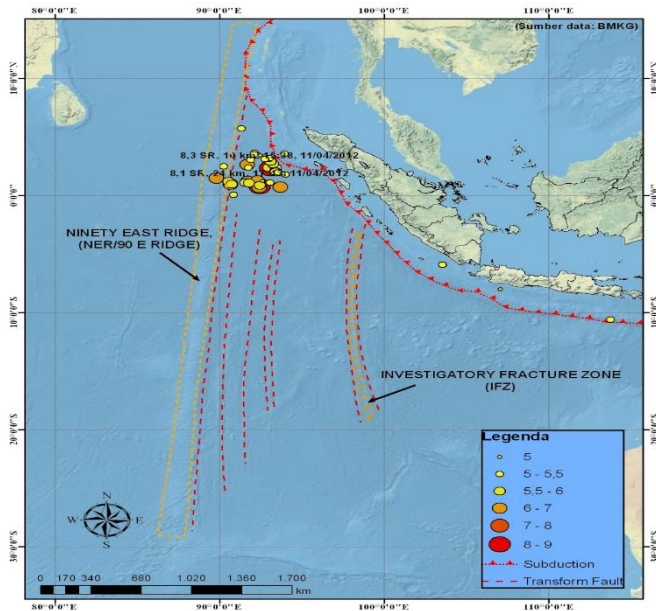
tersebut, setelah itu data tersebut bisa kita hapus atau tidak digunakan pada data *time series* koordinat toposentrik karena akan merusak data yang lain pada tahap selanjutnya ataupun analisis selanjutnya. *Level of Confidence* yang digunakan uji statistik kualitatif terhadap terhadap data GPS adalah 90%. Artinya bahwa data GPS akan dianggap *outlier* apabila data tersebut melebihi tiga kali *root-mean-square* (RMS), dengan rumus RMS sebagai berikut (Nikolaidis, 2001):

$$\sigma = [\Sigma (x_i - \mu)^2]^{1/2} / (N-1). \quad (7)$$

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi gempa bumi terletak di kawasan Samudra India sebelah timur Pulau Sumatra. Titik pusat gempa atau biasa disebut Episentrum terletak pada geografis Lintang $2^{\circ} 58' 42''$ S ; Bujur $94^{\circ} 28' 46.16''$ E. Lokasi titik pemantau terletak Pulau Simeleu dan Pulau Tuangku yang berada dalam administrasi Provinsi Aceh, Pulau Nias yang berada dalam administrasi Provinsi Sumatra Utara.



Gambar 3.1 Titik–titik Episentrum Gempa Simeleu Sumatera Barat
(BPBD Provinsi Sumatra Barat, 2014)

3.1.1 Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah:

1. Data *GPS* dari stasiun pemantauan SUGAR 27 Maret 2012 sampai 26 Maret 2012 Dengan jumlah titik adalah 6 stasiun dimana gempa tersebut terjadi pada tanggal 11 April 2012.

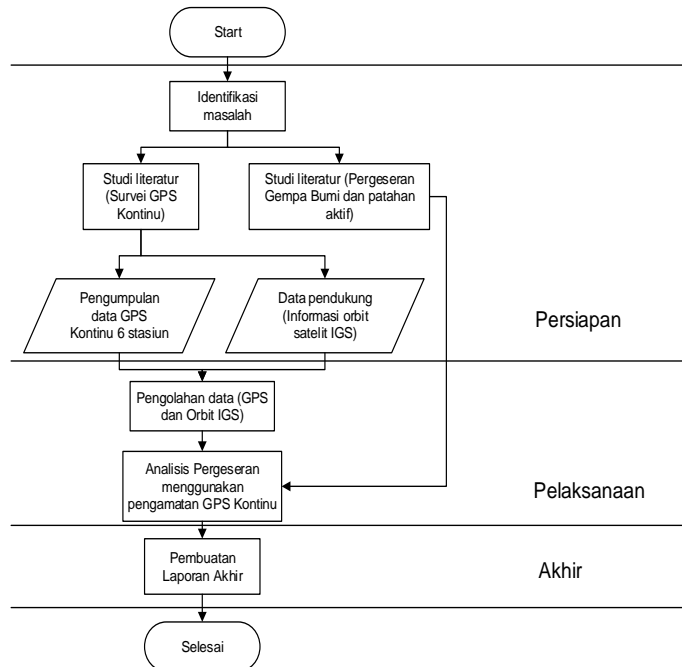
3.1.2 Alat

Peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi:

- a. Perangkat Keras
 - i. *Komputer Pengolahan*
- b. Perangkat Lunak
 - i. *GPS Tools*
 - ii. *Matlab*
 - iii. *Microsoft Execl 2013*
 - iv. *GMT Generic Mapping Tools*

3.2 Metode Penelitian

Secara garis besar, tahapan penelitian yang direncanakan digambarkan dalam diagram alir berikut:



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

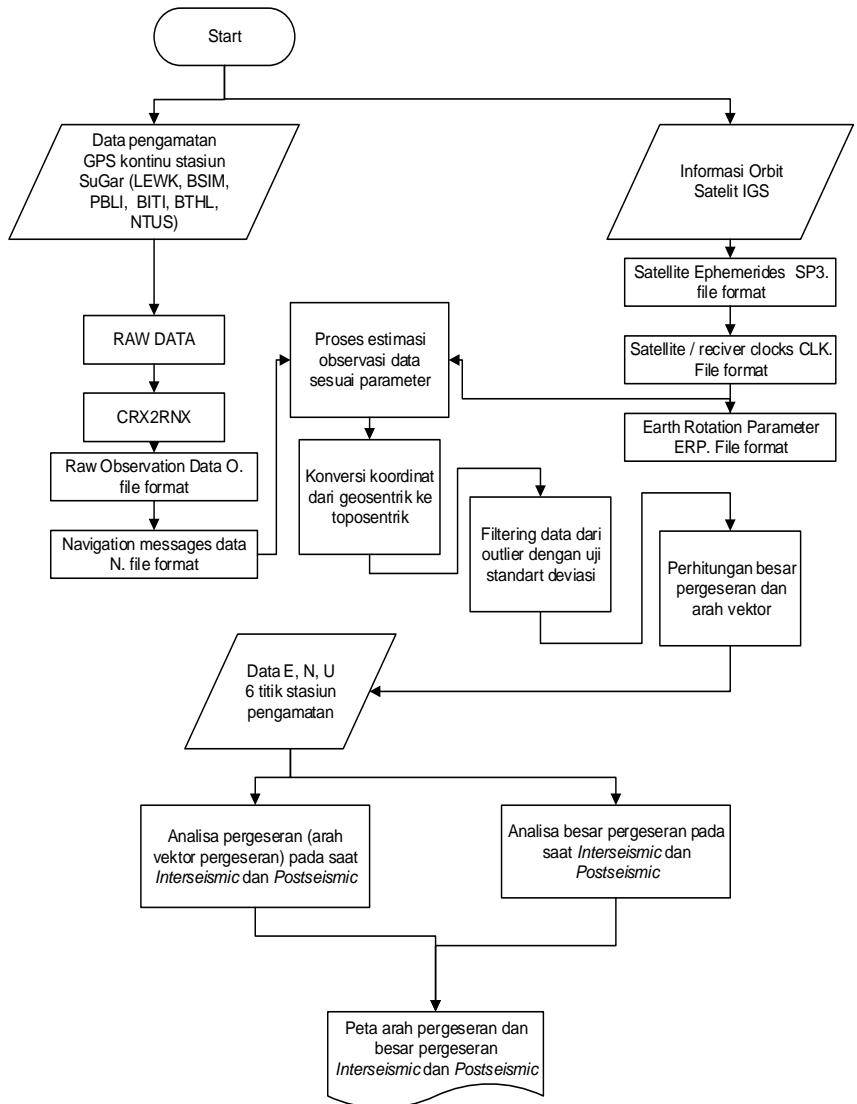
Penjelasan dari diagram alir di atas dijabarkan di bawah ini:

- a. **Identifikasi Masalah**
Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana menganalisis perubahan deformasi dan kecepatan pergeseran dari titik-titik pemantauan deformasi.
- b. **Studi Literatur**
Tahapan ini bertujuan untuk mendapatkan referensi yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan. Studi literatur yang dilakukan meliputi:
 - i. Pengkajian metode-metode pemantauan pergeseran Gempa Bumi

- ii. Studi literatur mengenai analisis pergeseran dan kecepatan pergeseran titik-titik pemantauan pergeseran menggunakan *GPS*.
- c. Pengumpulan Data
 Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan semua data yang diperlukan untuk penelitian. Data diperoleh dari hasil pemantauan menggunakan *GPS* di stasiun-stasiun SUGAR pemantauan secara kontinu pada tahun 2012.
- d. Pengolahan Data
 Pada tahapan ini, data yang sudah dikumpulkan kemudian diproses dengan menggunakan *software* pengolahan data *GPS* yaitu *GPS Tools*. Lalu di transformasikan ke koordinat toposentrik untuk keperluan perhitungan besar pergeseran dan arah vektor.
- e. Analisis Hasil Pengolahan
 Setelah data selesai diolah, maka akan dilakukan analisis terhadap hasil pengolahan. Pada tahap ini, hasil dari pengolahan akan dianalisis perubahan dan kecepatan pergeseran pergeserannya dari 15 hari sebelum dan 15 hari sesudah tanggal 11 April 2012.
- f. Pembuatan Laporan Akhir
 Tahapan ini merupakan tahap akhir dari penelitian yang dilakukan.

3.3 Metode Pengolahan Data

Proses pengolahan data dari penelitian yang dilakukan digambarkan pada diagram alir di Gambar 3.4. Penjelasan dari diagram alir tersebut dapat dilihat pada halaman selanjutnya:



Gambar 3.3 Diagram Alir Pengolahan Data

- a. **Pembuatan Project**
Tahap pertama adalah pembuatan project untuk pengolahan data *GPS*. Sebelumnya dilakukan pengelompokan data sesuai hari yang akan diolah dengan tujuan memudahkan dalam pengolahan
- b. **Import Data**
Download data hasil pemantaun, kemudian data yang kita Import adalah yang berformat RINEX (bsim1020.12d). import semua data yang di butuhkan mulai dari data RINEX (observasi dan navigasi). Di dukung dengan data sekundur atau data pendukung dari IGS yaitu data orbit sateli dengan format xxxx.sp3, data jam satelit dengan format xxxx.clk, dan data rotasi bumi dengan format xxxx.erp
- c. **Penentuan Parameter**
Pada tahap ini, diinput beberapa parameter dari pemantaun berupa :
 - i. *Informasi orbit*, adalah informasi yang menunjukkan informasi posisi satelit dan ketelitian posisi satelit. Informasi *Precise Ephemeris* dapat di unduh melalui website <http://garner.ucsd.edu> dalam format igsxxx.sp3. data pengolahan yang digunakan adalah waktu hari pengolahan , hari sebelum, dan hari sesudah.
 - ii. *Informasi waktu*, parameter ini mendefinisikan koreksi waktu pada jam satelit dan segmen control GPS yang ada di bumi pada saat pengolahan data. Data yang digunakan dalam format igsxxx.clk
 - iii. *Informasi rotasi bumi*, adalah koordinat pergerakan kutub dalam format igsxxx.erp. Data yang digunakan adalah data final orbit IGS. Data ini tersedia satu minggu sekali. Jadi

dalam satu minggu kita hanya menggunakan satu data ini dalam pengolahan.

- d. *Execute* (Pemrosesan)
Pada tahap ini dilakukan pengolahan seluruh data yang sudah diinputkan dengan menggunakan perangkat lunak GPSTools dengan metode *Price Point Positioning (PPP)*.
- e. Konversi koordinat
Setelah dilakukan pemrosesan di dapatkan koordinat geosentrik. Untuk perhitungan kecepatan pergeseran dibutuhkan koordinat toposentrik karena nilai dari data geosentrik yang terlalu besar sehingga akan sulit dilakukan analisis pergeseran.
- f. Uji Statistik
Hasil dari konversi koordinat toposentrik masih terdapat data yang *outlier* data yang harus dibuang. Pada tahap ini dilakukan *filtering* dengan uji statistik standar deviasi dengan selang kepercayaan 90 % dimana skala faktor pengali dari standar deviasi adalah tiga. Data yang melebihi batas yang telah ditentukan akan dibuang.
- g. Hitung pergeseran
Setelah data bersih dari *outlier* barulah dapat menghitung besarnya kecepatan pergeseran pergeseran. Dalam tahap ini data di bagi dua fase yaitu fase *Interseismic* dan fase *Postseismic*. Masing masing dihitung kecepatan pergeseran, besar resultan pergeseran, dan juga arah vektor dari pergeseran.
- h. Analisis
Pada tahap ini dilakukan analisis dari hasil perhitungan berapa kecepatan, besar resultan pergeseran dan juga arah vektor pergeseran dari kedua fase tersebut. Analisis selanjutnya adalah pola

pergerakan yang terjadi, apakah termasuk *strike slip faulting*.

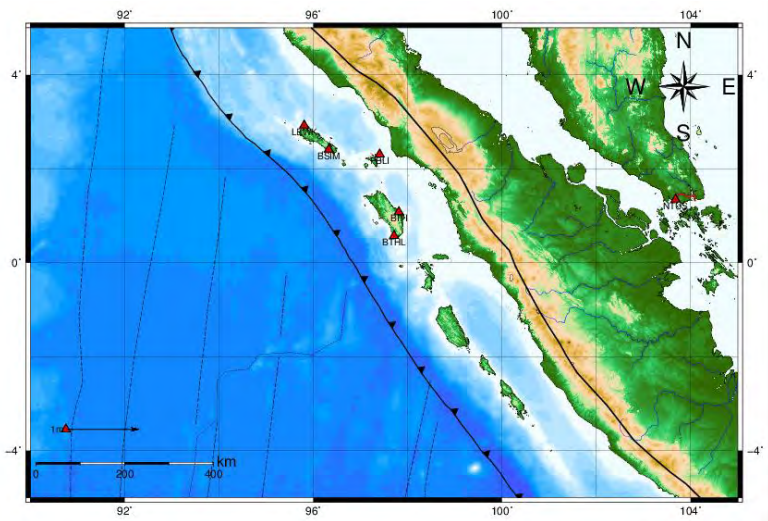
i. *Plotting*

Setelah semua proses diatas dilakukan barulah dilakukan penggambaran data hasil pemrosesan berupa peta kecepatan dan arah vektor dari pergeseran gempa kemudian grafik perubahan ketinggian sebelum dan sesudah gempa bumi. Perangkat lunak yang digunakan adalah *Generic Mapping Tools* dengan menggunakan peta dasar dari *Gebco* yaitu peta batimetri bumi dari Inggris.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengolahan Data GPS

Data pengukuran didapatkan langsung dari lapangan mulai bulan 28 maret 2012 sampai dengan 27 april 2012 dengan menggunakan alat *receiver* GPS yang meliputi 6 lokasi/titik.

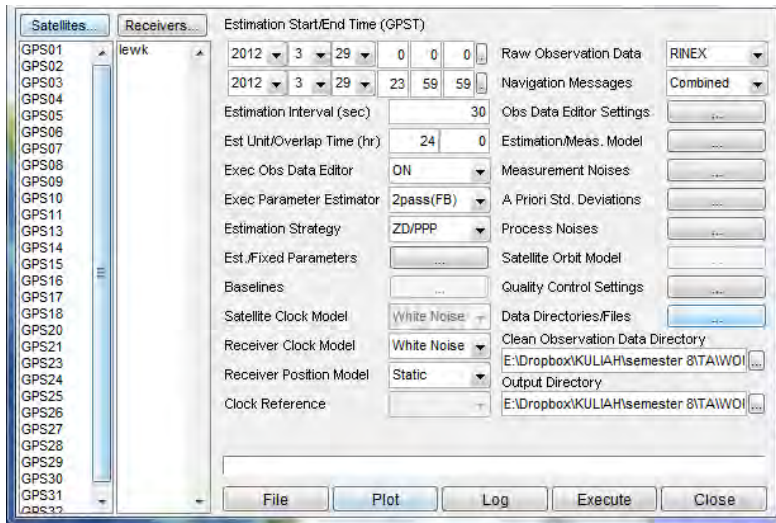


Gambar 4.1 Lokasi penelitian (peta persebaran stasiun SUGAR)
(USGS, 2011)

4.1.1 Pengolahan GPS

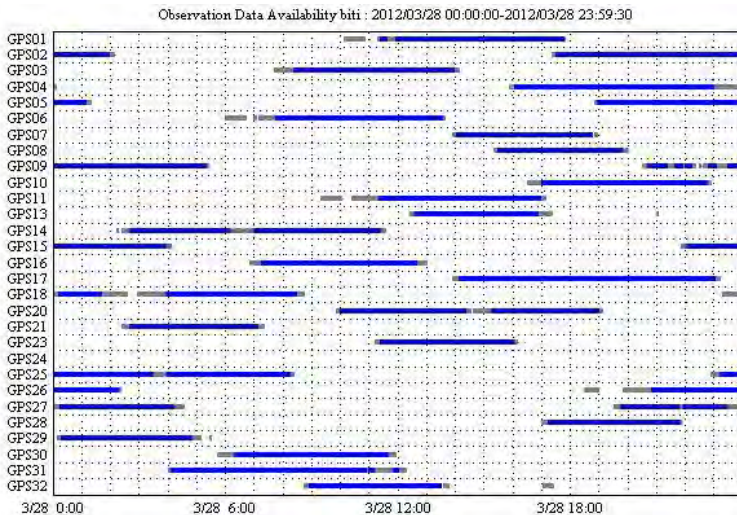
Data yang rinex yang di dapat diolah dengan menggunakan *software* *GPSTools* dimana menggunakan metode perhitungan *Precise Point Positioning (PPP)* yang membutuhkan parameter tertentu. Adapun tiga parameter tersebut adalah koreksi orbit satelit yang mempunyai format *igsxxx.sp3*, kemudian adalah koreksi waktu atau biasanya

dengan format *igsxxx.clk*, dan parameter yang terakhir adalah koreksi rotasi bumi dengan format *igsxxx.eph*. Setelah semua data disiapkan dilanjutkan dengan pengolahan dengan aplikasi *GPSTools*. Berikut halaman utama dari *GPSTools*.



Gambar 4.2 Halaman utama GPS Tools

Hasil dari pemrosesan tersebut berupa *observation data* seperti di bawah ini.



Gambar 4.3 Hasil pengolahan data berupa *Observation data*.

Merupakan contoh observation data stasiun BITI pada hari pertama atau pada 88 *GPSDAY*. Dalam satu hari terdapat 6 stasiun yang dilakukan *prosecing* dan dilakukan selama tiga puluh satu hari untuk analisis pergeseran gempa bumi Sumatra 2012.

Gambar 4.3 menunjukkan data *record* dimana ada parameter nama satelit yang memancarkan sinyal gps dan bias di tangkap oleh *receiver GPS* berdasarkan waktu tertentu. Warna abu abu dalam dalam gambar tersebut menandakan data dimana data tersebut sudah *record* namun belum bisa dianggap fix karena faktor ambiguitas yang besar atau koreksi yang lain. Pada parameter waktu tidak boleh ada data yang kosong karena jika ada yang kosong tidak bisa dilakukan *postprosecing*.

observation data of biti - Notepad									
File Edit Format View Help									
2.11 OBSERVATION DATA					G (GPS)		RINEX VERSION / TYPE		
GPP.DLL V3.10					20 - FEB - 15 03:19		PGM / RUN BY / DATE		
B10u							MARKER NAME		
B10uti Nias							MARKER NUMBER		
							OBSERVER / AGENCY		
4921173184					1.2-5		REC # / TYPE / VERS		
CR5200404010							ANT # / TYPE		
-866712.8468					6317838.9785		APPROX POSITION XYZ		
0.0000					-0.0000		ANTENNA: DELTA H/E/N		
					119259.9968		WAVELENGTH FACT L1/2		
							# / TYPES OF OBSERV		
1							INTERVAL		
6							TIME OF FIRST OBS		
15.000							TIME OF LAST OBS		
2012					3		LEAP SECONDS		
2012					3		# OF SATELLITES		
15					28		PRN / # OF OBS		
31					23		PRN / # OF OBS		
					59		PRN / # OF OBS		
					45		PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		
							PRN / # OF OBS		

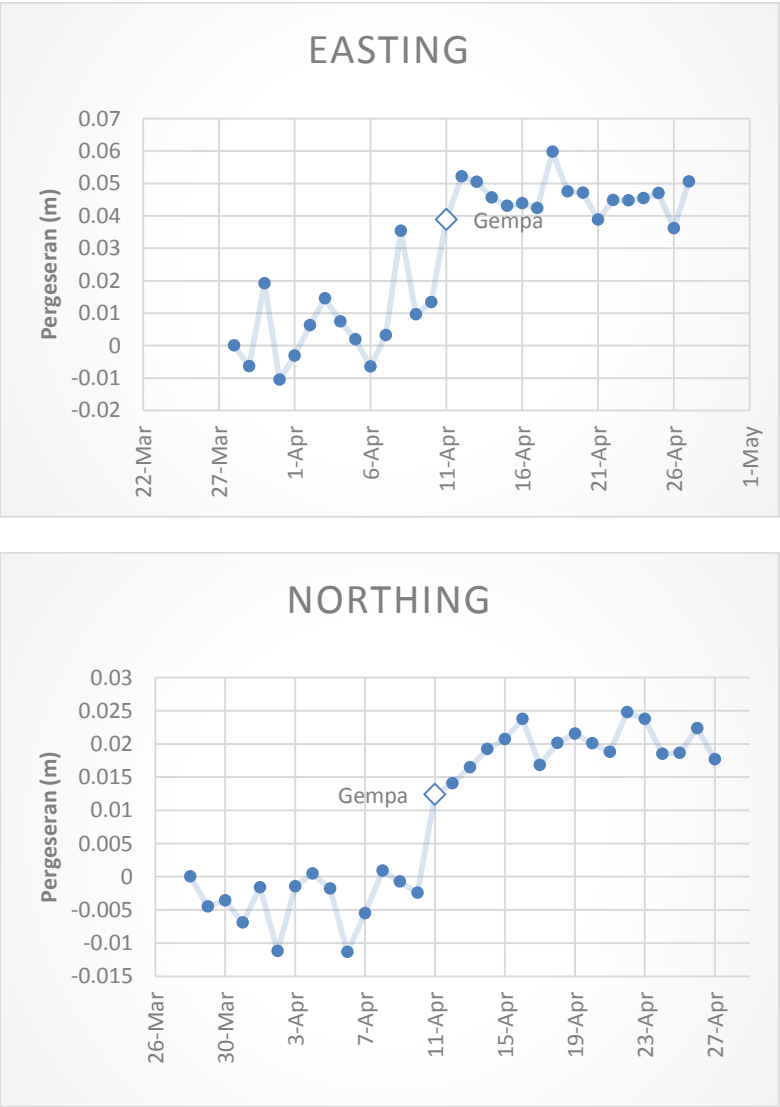
Gambar 4.6 Hasil pengolahan GPS Tools stasiun BITI

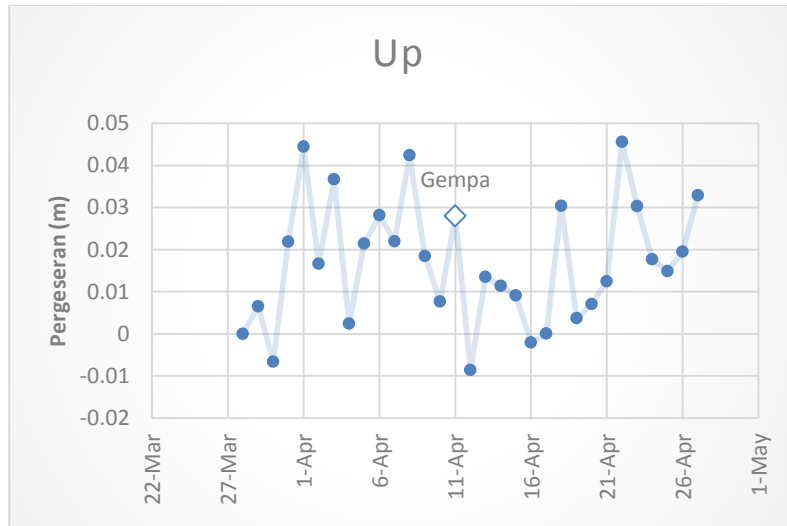
Sedangkan gambar 4.6 menunjukkan *raw data* dalam koordinat Geosentrik dari stasiun BITI dimana terdapat data setiap 30 detik berupa koordinat beserta standar deviasinya. Dalam satu hari dan satu stasiun terdapat 2880 data. Untuk kelengkapan data terdapat pada lampiran.

Setelah dilakukan *prosecing* data selama 31 hari dan 6 stasiun pengamatan gps semua data dikumpulkan untuk proses *plotting* agar dari *plotting* tersebut dapat di ketahui proses perubahan kecepatan, dan arah vektor dari pergerakan titik-titik yang dilakukan pengamatan.

Berikut adalah *plotting* data koordinat Geosentrik hasil dari pengolahan GPS Tools setiap stasiun.

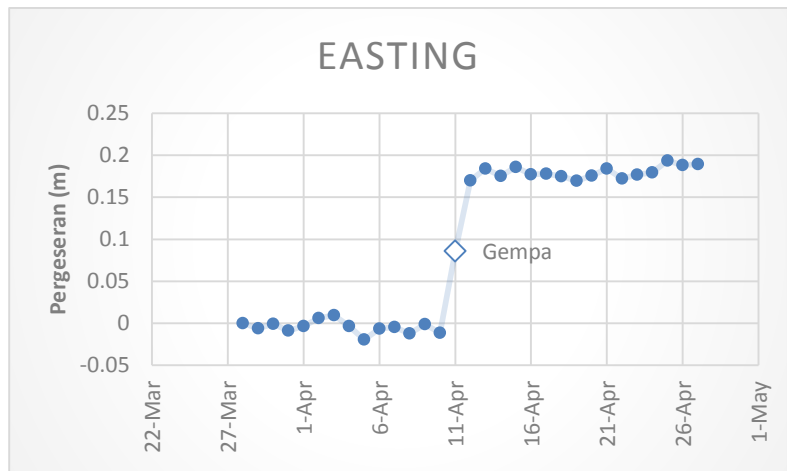
a. Plotting hasil transformasi stasiun BITI

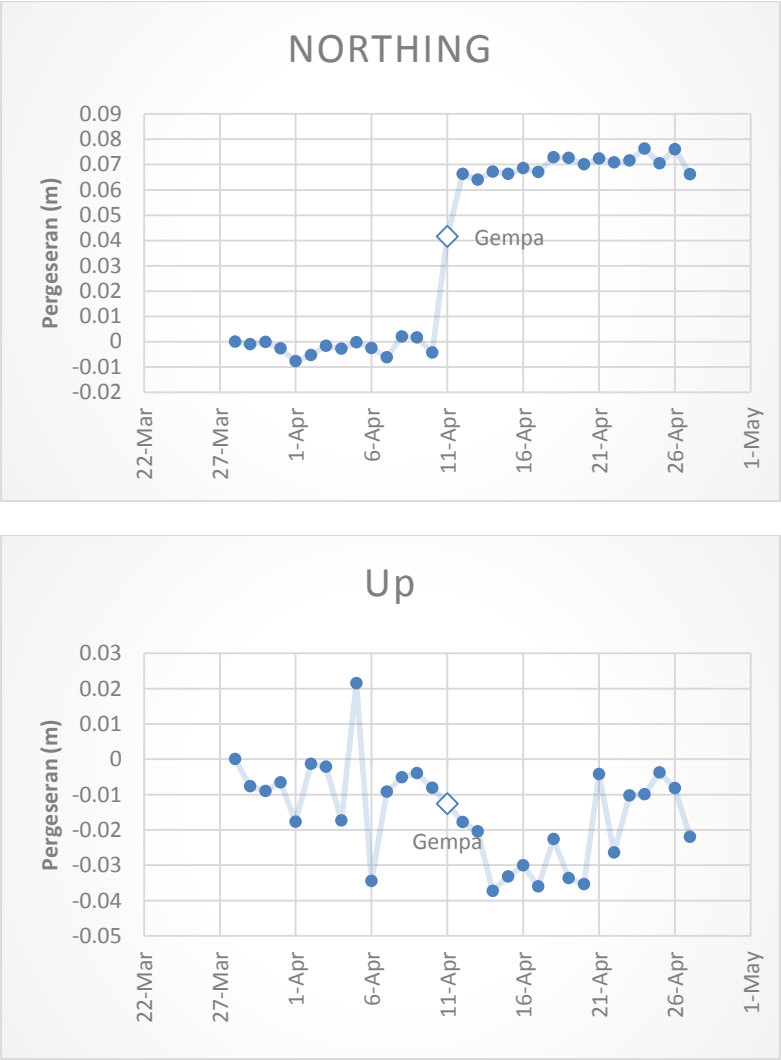




Gambar 4.7 Hasil plot grafik stasiun BITI

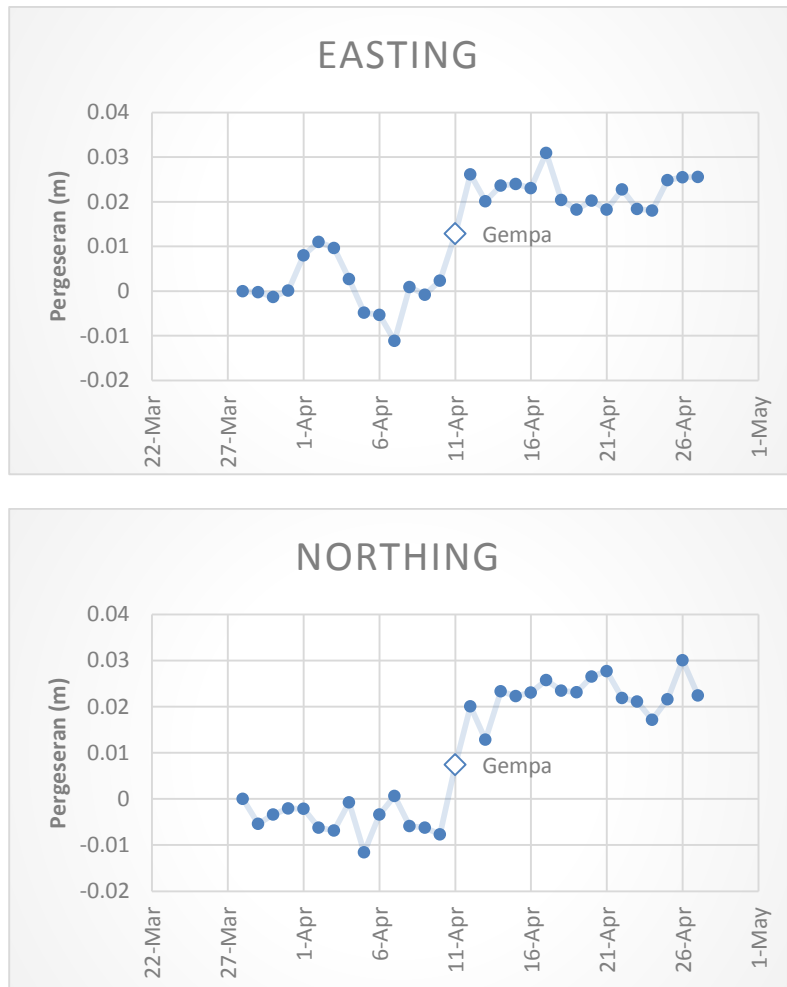
b. Plotting hasil transformasi stasiun BSIM

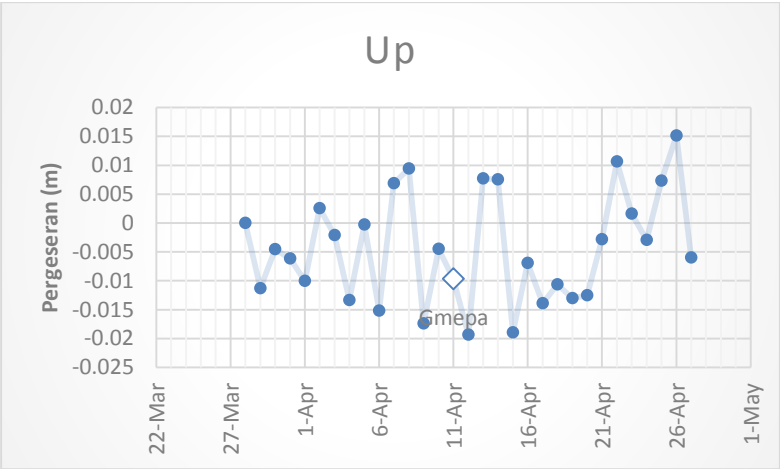




Gambar 4.8 Hasil plot grafik stasiun BSIM

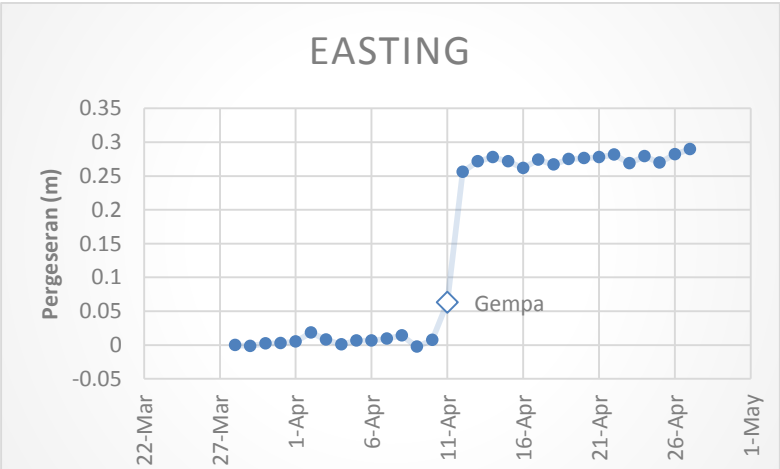
c. Plotting hasil transformasi stasiun BTHL

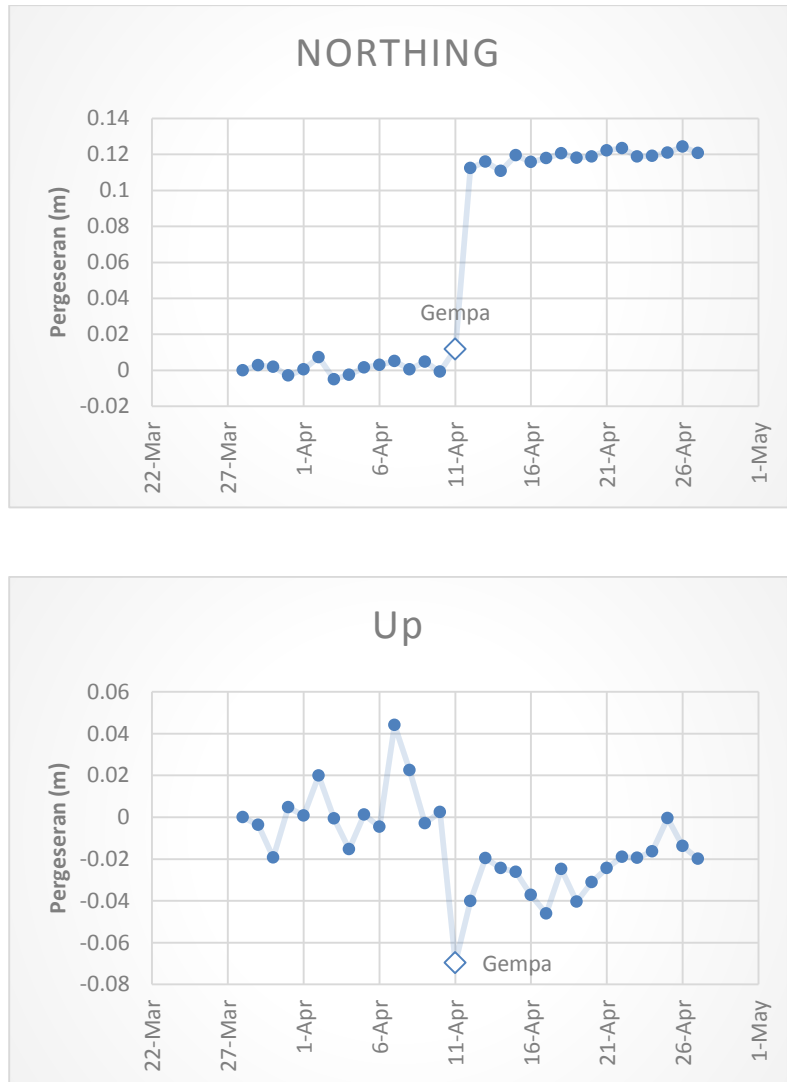




Gambar 4.9 Hasil plot grafik stasiun BTHL

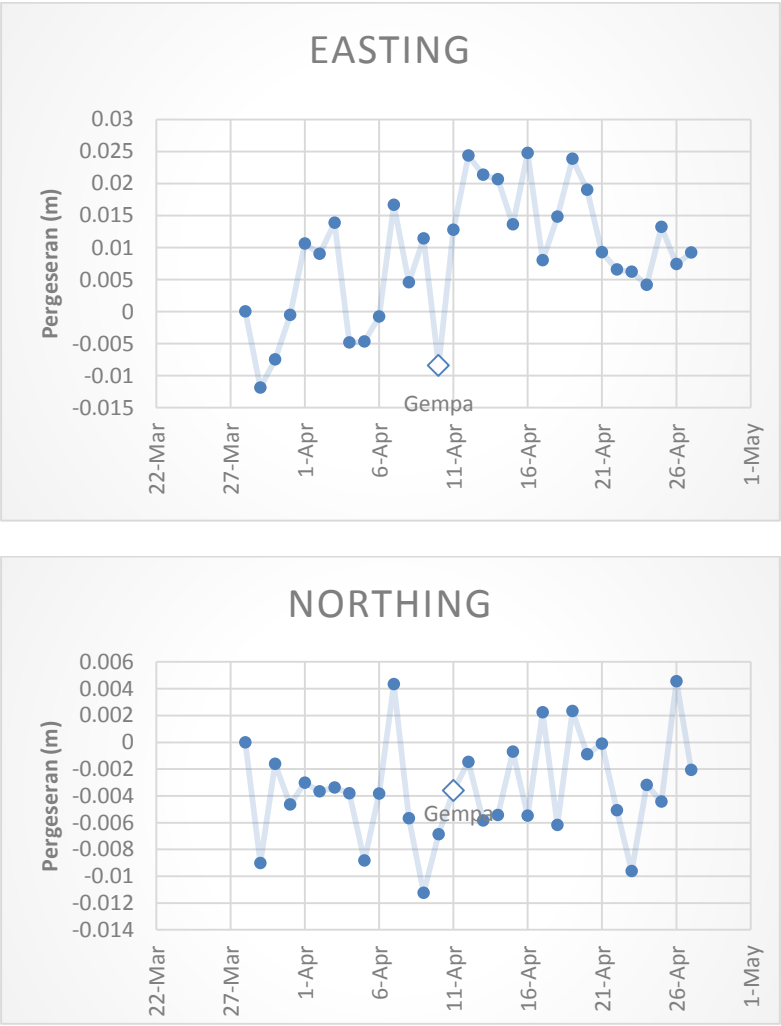
d. Plotting hasil transformasi stasiun LEWK

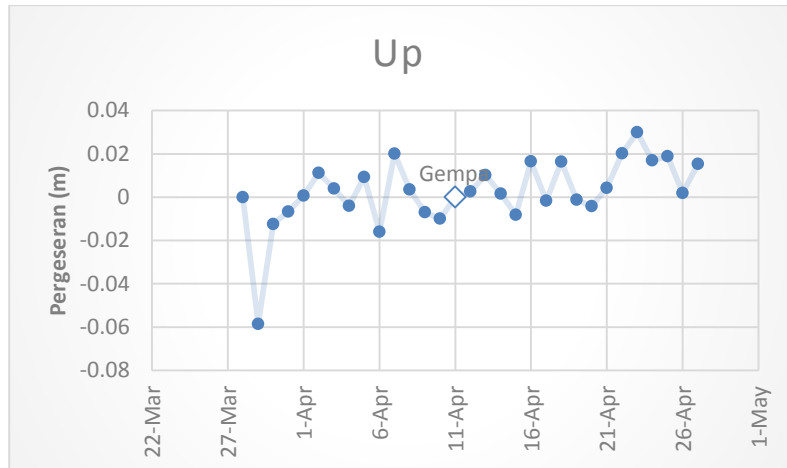




Gambar 4.10 Hasil plot grafik stasiun LEWK

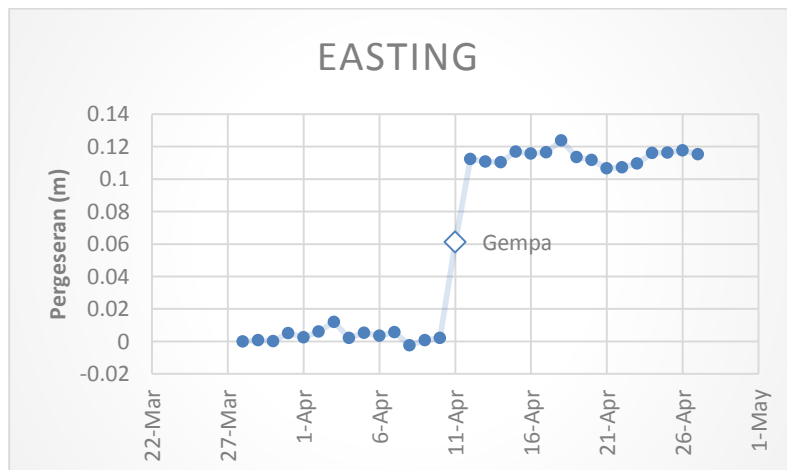
e. Plotting hasil transformasi stasiun NTUS

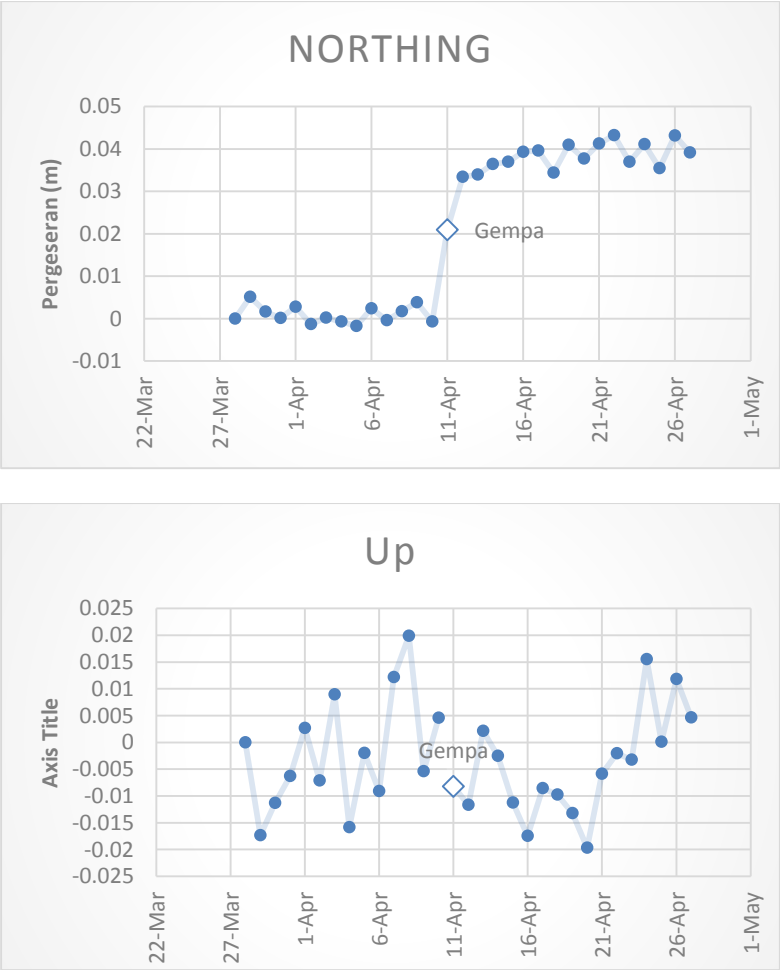




Gambar 4.11 Hasil plot grafik stasiun NTUS

f. Plotting hasil transformasi stasiun PBLI





Gambar 4.12 Hasil plot grafik stasiun PBLI

4.1.3 Uji statistik

Koordinat toposentrik yang sudah ada kemudian dilakukan perhitungan standar deviasi agar dapat diketahui mana data yang harus dibuang (*Outlier*) dengan skala faktor tiga dikalikan dengan standar deviasi atau selang kepercayaan 90%.

Sebelum melakukan perhitungan standar deviasi kita lakukan pengelompokan data berdasarkan fase yang terjadi pada gempa bumi. Dalam tugas akhir kali ini dibagi menjadi dua fase yaitu pada saat *Interseismik* dan *Postseismik*.

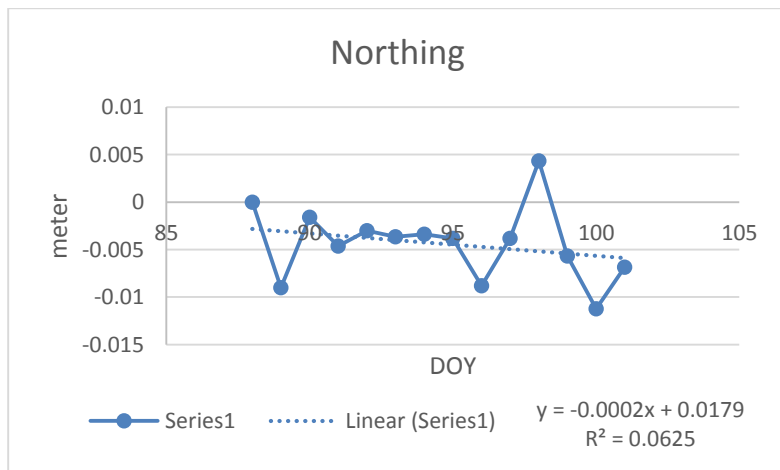
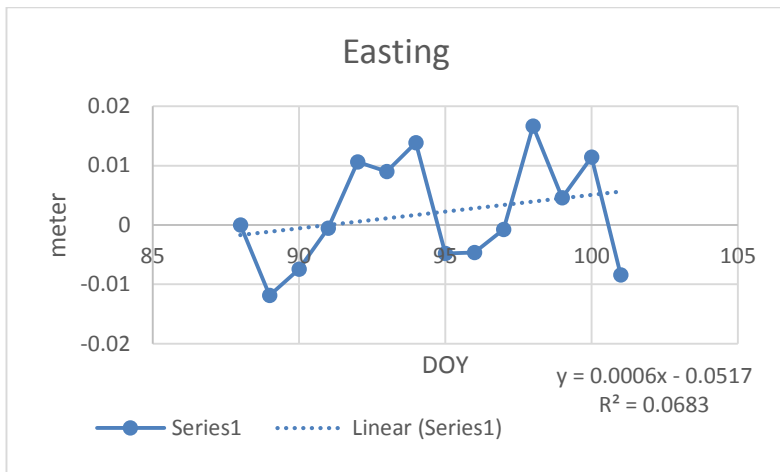
Tabel 4.1 Koordinat masih ada *Outlier* Stasiun Biti

E (m)	N (m)	Up (m)
0	0	0
-0.01186	-0.00903	-0.0011
-0.00747	-0.00161	-0.01246
-0.00055	-0.00464	-0.00673
0.010628	-0.00302	0.000664
0.008995	-0.00366	0.011163
0.01385	-0.00339	0.00391
-0.00483	-0.00381	-0.00394
-0.00467	-0.00882	0.009259
-0.00078	-0.00383	-0.01593
0.016641	0.004329	0.02011
0.004558	-0.00568	0.00355
0.011406	-0.01124	-0.00696
-0.00843	-0.00687	-0.00994
0.012734	-0.0036	0.00003
0.024367	-0.00146	0.002604
0.021359	-0.00584	0.010211

E (m)	N (m)	Up (m)
0.020675	-0.00544	0.001612
0.013605	-0.00071	-0.00813
0.024746	-0.00549	0.016603
0.008018	0.002238	-0.0016
0.014801	-0.00619	0.01643
0.023859	0.002327	-0.00114
0.019014	-0.0009	-0.00414
0.009243	-0.0001	0.004307
0.006578	-0.00508	0.020219
0.006227	-0.00961	0.030013
0.004181	-0.0032	0.017003
0.013191	-0.00444	0.018858
0.007384	0.004557	0.001905
0.009215	-0.00206	0.015373

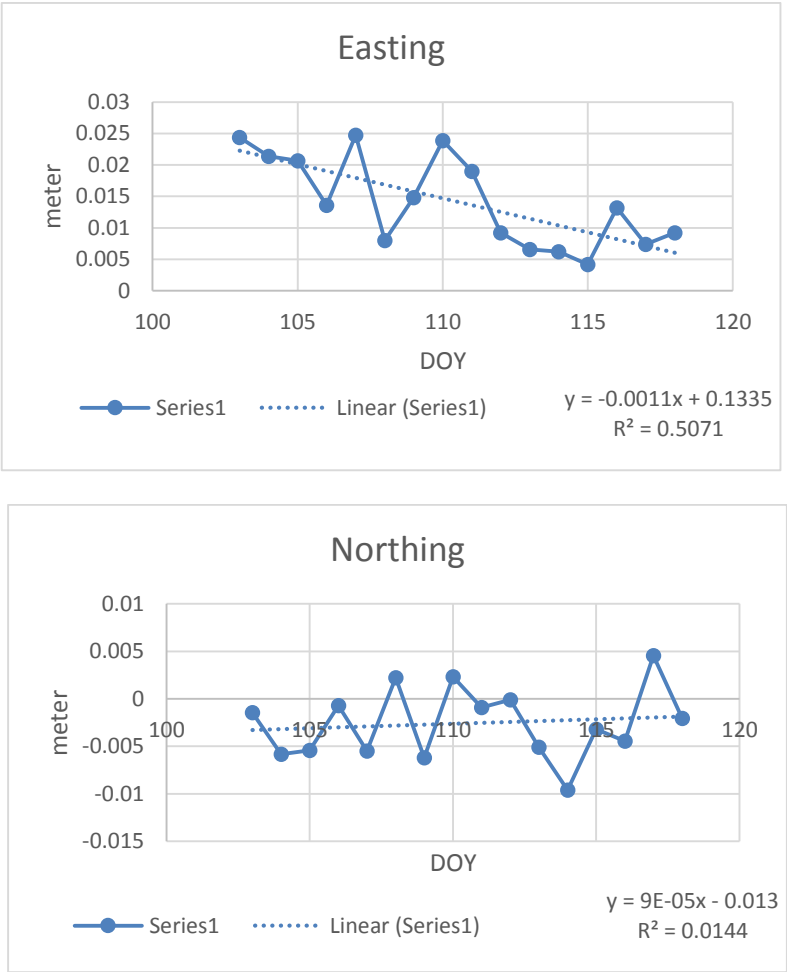
Tabel 4.1 menunjukkan koordinat toposentrik yang telah dilakukan uji statistik. Dari warna yang ada di tabel dapat ditunjukkan bahwa warna kuning merupakan fase pertama yaitu pengamatan lima belas hari pertama dan yang hijau merupakan fase kedua yang menunjukkan pengamatan lima belas hari terakhir atau pada saat *Postseismic*. Sedangkan warna merah merupakan data *Outlier* yang harus dibuang. Selain itu dapat dilihat grafik linier dari masing-masing fase dan juga masing-masing stasiun yang bertujuan untuk melihat secara singkat data *outlier*. Berikut gambar dari grafik linier dari stasiun NTUS yang terdapat data *outlier* :

a. Hasil perubahan stasiun NTUS pada saat *Interseismic*



Gambar 4.13 Hasil plot grafik stasiun NTUS
(*Interseismic*)

b. Hasil perubahan stasiun NTUS pada saat *Postseismic*



Gambar 4.14 Hasil plot grafik stasiun NTUS (*Postseismic*)

Tabel 4.2 Standar deviasi masing masing stasiun

<i>Fase Interseismic</i>			
	E (m)	N (m)	Up (m)
Biti	0.014422	0.005612	0.015303
Bsim	0.024466	0.011625	0.01178
Bthl	0.006528	0.004456	0.007926
Lewk	0.015859	0.00425	0.024444
Ntus	0.009186	0.003814	0.017713
Pbli	0.015392	0.005524	0.01044
<i>Fase Postseismic</i>			
	E (m)	N (m)	Up (m)
Biti	0.005479	0.002923	0.014321
Bsim	0.007189	0.003627	0.011838
Bthl	0.003656	0.004037	0.010895
Lewk	0.008216	0.003633	0.011622
Ntus	0.007221	0.003759	0.010745
Pbli	0.004359	0.003149	0.009819

Tabel 4.3 merupakan hasil perhitungan standar deviasi yang telah dilakukan. Dengan data standar deviasi tersebut bisa didapatkan data outlier dengan mengalikan nilai standar deviasi dengan skala faktor 90%.

Tabel 4.3 Standar deviasi masing masing stasiun setelah *filtering*

<i>Fase Interseismic</i>			
	E (m)	N (m)	Up (m)
Biti	0.012102	0.00396	0.015303
Bsim	0.007466	0.002875	0.01178
Bthl	0.00596	0.003389	0.007926
Lewk	0.005876	0.00335	0.01608
Ntus	0.009085	0.003814	0.00983
Pbli	0.003565	0.002025	0.01044
<i>Fase Postseismic</i>			
	E (m)	N (m)	Up (m)
Biti	0.005479	0.002923	0.014321
Bsim	0.007189	0.003627	0.011838
Bthl	0.003656	0.004037	0.010895
Lewk	0.008216	0.003633	0.011622
Ntus	0.007221	0.003759	0.010745
Pbli	0.004359	0.003149	0.009819

Tabel 4.3 merupakan hasil perhitungan standar deviasi setelah dilakukan pembuangan data *outlier*. Terdapat perubahan yang semakin kecil jika dibandingkan antara standar deviasi yang sudah dibuang *outliernya* dan yang sebelum dibuang *outliernya*.

4.1.4 Kecepatan Vektor Pergeseran

Kecepatan pergeseran adalah besaran yang menyatakan perubahan suatu titik pantau dalam selang waktu tertentu sehingga bisa menjadi indikator terjadinya pergeseran di

daerah pengamatan. Sistem koordinat toposentrik lokal dipilih sebagai format data yang dipakai dalam proses hitungan pergeseran untuk menghitung pola dan kecepatan pergeseran. Titik acuannya adalah sesi pertama pengamatan masing-masing stasiun, sehingga pergeseran titik yang sama pada sesi selanjutnya mengacu kepada pengamatan sesi pertama.

Tabel 4.4 Kecepatan *Easting* dan *Northing*

Fase <i>Interseismic</i>			
Nama Stasiun	dE (m)	dN (m)	dUp (m)
Biti	1.016702	0.32353	0.731503
Bsim	2.250899	1.084013	-0.32856
Bthl	0.33532	0.19337	-0.25344
Lewk	1.642343	0.310317	-1.82195
Ntus	0.332905	-0.09416	0.000791
Pbli	1.602063	0.547665	-0.21542
Fase <i>Postseismic</i>			
Nama Stasiun	dE (m)	dN (m)	dUp (m)
Biti	-0.04027	0.088298	1.013476
Bsim	0.477715	-0.0006	-0.10182
Bthl	-0.01453	0.057763	0.326104
Lewk	0.824214	0.204524	0.492168
Ntus	-0.36971	-0.01464	0.311552
Pbli	0.069503	0.140208	0.398846

Tabel 4.4 menunjukkan hasil *velocity easting* dan *velocity northing* dari setiap stasiun pada saat fase *Interseismic* dan fase *Postseismic*. Dari data kecepatan tersebut bisa didapatkan nilai besar pergeseran dan juga didapatkan arah vektor dari pergeseran.

4.1.5 Efek Model Euler Pole

Rata-rata stasiun SUGAR (*Sumatera GPS Array*) mendapatkan pengaruh dari blok sunda. Blok sunda merupakan suatu blok yang melintasi sebagian besar regional Asia Tenggara termasuk perairan dangkal yang terletak di barat dari pulau Sumatera. (Henri, 2013). Perilaku pergerakan suatu blok dapat didefinisikan dari rotasi Euler dan vektor pergeseran seismik (deformasi elastik). Ini berarti nilai kecepatan dari stasiun SUGAR yang dilewati oleh blok sunda mengalami perubahan efek dari blok sunda. Pada penelitian ini digunakan model ITRF 2000 dengan pusat rotasi di bujur -86.90 dan lintang 38.90 serta kecepatan rotasi 0.322 deg/Myr. (Bock, et al, 2003). Berikut adalah tabel dari kecepatan blok sunda sesuai stasiun pengamatan.

Tabel 4.5 Pergeseran Blok Sunda

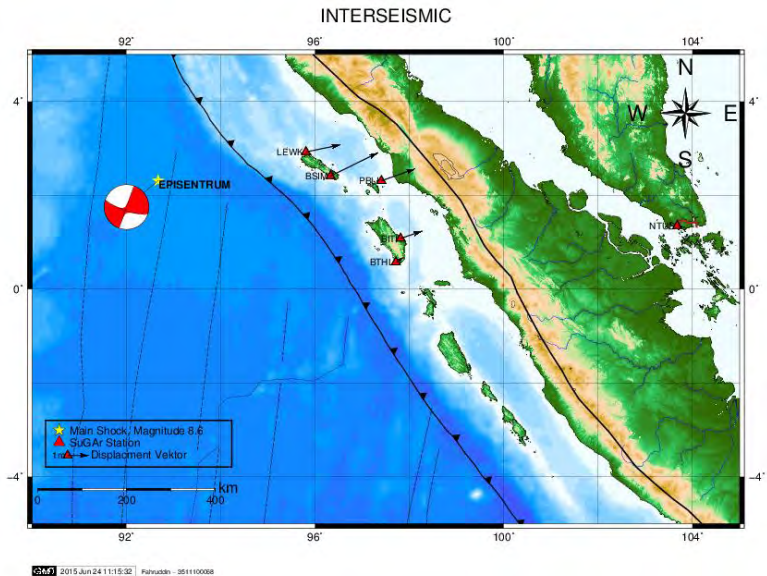
stasiun	E (m)	N (m)
BSIM	-0.002	0.023
BITI	-0.002	0.023
BTHL	-0.002	0.023
LEWK	-0.001	0.024
NTUS	-0.005	0.023
PBLI	-0.002	0.023

4.1.6 Arah vektor dan besar pergeseran

Penentuan arah vektor di dapatkan dari nilai kecepatan easting dan northing selain itu untuk nilai *plus* (+) dan *minus* pada dalam satu korrdinat juga dapat mempengaruhi arah vektor pergeseran sesuai dengan kuadran yang ada.

Untuk plotting arah vektor menggunakan *software GMT* (*Generic Mapping Tools*). Format input data yang digunakan dalam *GMT* adalah format *inter.txt* yang terdapat data posisi

koordinat, kecepatan koordinat, standar deviasi koordinat, dan juga nama stasiun.



Gambar 4.15 Hasil Plotting GMT Fase *Interseismic*

Gambar 4.15 menunjukkan arah vektor dari fase inrterseismik dengan peta dasar dari *GEBCO (General Bathymetric Chart of the Oceans)*. Dari hasil plotting di atas dapat kita lihat besar nilai pergeseran dengan skala yang ada. Dalam hal ini juga terdapat hasil perhitungan nilai pergeseran dengan rumus resultan arah vektor. Berikut tabel besar nilai pergeseran.

Tabel 4.6 Besar Nilai Hasil Pergeseran Blok Sunda

	nilai pergeseran saat <i>Interseismic</i> (m)	nilai pergeseran saat <i>Postseismic</i> (m)
Biti	1.066937	0.097046
Bsim	2.498325	0.477716
Bthl	0.387081	0.059562
Lewk	1.671402	0.84921
Ntus	0.345965	0.37
Pbli	1.693086	0.15649

4.2 Analisis Pergeseran Fase *Interseismic*

Setelah semua pengolahan dilakukan didapatkan hasil dan juga analisis defromasi dari gempa bumi 11 April 2012 mulai dari fase *interseismic* dan juga *Postseismic*.

Pada penelitian ini didapatkan hasil pengolahan GPS dengan metode Pricase Point Positioning menggunakan GPSTools pada fase *Interseismic* dimana data pengamatan yang digunakan dimulai dari hari ke 88 sampai hari pada saat gempa bumi yaitu hari ke 102 Day Of Year (DOY). Pada analisi kali ini akan kita bahas mulai dari pergerakan Horizontal dan juga pola pergerakan yang terjadi setelah gempa bumi.

4.2.1 Pergeseran Horizontal

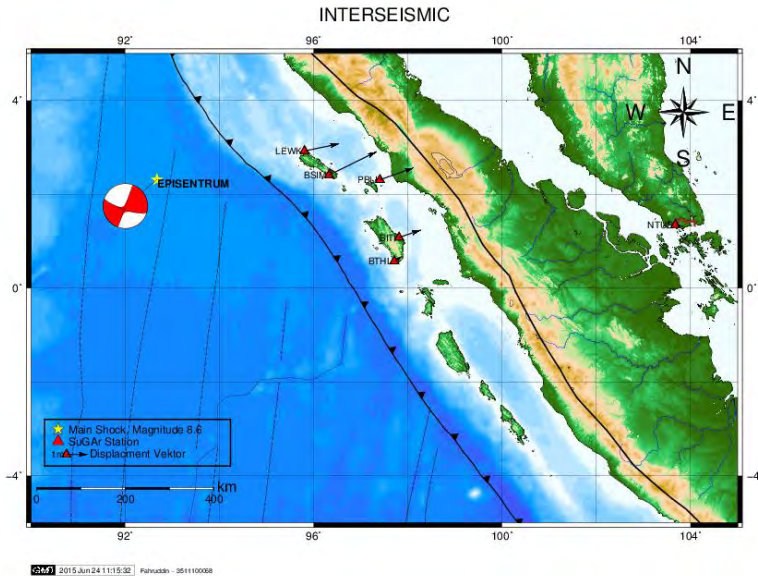
Secara *horizontal* dari 6 stasiun mengalami pergeseran dengan nilai yang berbeda beda. Berikut adalah tabel nilai besar pergeseran atau besar resultan pergeseran.

Tabel 4.7 Kecepatan *Easting* dan *Northing* dengan resultan pergeseran fase *Interseismic*(tanggal 28 maret 2012 sampai 11 april 2012)

Fase <i>Interseismic</i>					
Stasiun	Ve (m)	Vn (m)	StVe (m)	StVN (m)	Besar pergeseran (m)
BSIM	1.016702	0.32353	0.012102	0.00396	1.066937274
BITI	2.250899	1.084013	0.007466	0.002875	2.498325447
BTHL	0.33532	0.19337	0.00596	0.003389	0.387081101
LEWK	1.642343	0.310317	0.005876	0.00335	1.671402404
NTUS	0.332905	-0.09416	0.009085	0.003814	0.34596502
PBLI	1.602063	0.547665	0.003565	0.002025	1.693086289

Pergeseran yang terbesar terjadi pada stasiun BITI dengan besar pergeseran 2.498m karena letak dari stasiun ini paling dekat dengan pusat gempa yang ada di Samudera Hindia. Sedangkan besar pergeseran stasiun yang lain adalah 1.066m untuk stasiun BSIM, 0.387 untuk stasiun BTHL, 1.671m untuk stasiun LEWK, 0.345m untuk stasiun NTUS, dan 1.693m untuk stasiun PBLI. Pada fase ini semua stasiun bergeser ke arah timur laut.

Hasil dari plotting di GMT menunjukkan bahwa pergerakan stasiun lebih banyak ke arah timur laut dimana sesuai dengan deskripsi gempa dari (USGS, 2012) dimana gempa yang terjadi menandakan adanya pergerakan *Slip left-lateral* yang bergerak ke arah timur laut.

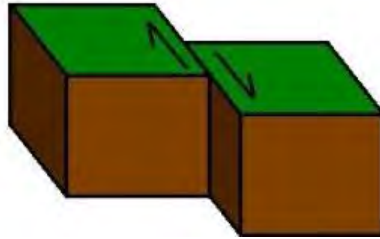


Gambar 4.16 Hasil Plotting GMT fase *Interseismic*

4.2.2 Pola Pergeseran

Pada saat fase *Interseismic* mengalami salah satu fenomena *Strike-slip faults* yang merupakan potongan vertikal di mana blok sebagian besar telah pindah secara horizontal. Jika blok berlawanan pengamat bergerak ke kiri, gaya slip disebut *Slip left-lateral*.

Dari pernyataan diatas telah di jelaskan bahwa adanya pergerakan *Slip left-lateral* yang bergerak kearah timur laut dimana definisi dari *Slip left-lateral* adalah Jika Anda berdiri di perpotongan dan terlihat sepanjang panjangnya, ini adalah jenis strike-slip fault dimana blok bergerak kiri ke arah Anda dan blok kanan bergerak menjauh seperti gambar di bawah ini. seperti gambar di bawah ini.



Gambar 4.17 fenomena *Slip right-lateral*

4.3 Analisis Pergeseran Fase *Postseismic*

Setelah semua pengolahan dilakukan didapatkan hasil dan juga analisis defromasi dari gempa bumi 11 April 2012 mulai dari fase *interseimic* dan juga *Postseismic*.

Pada penelitian ini didapatkan hasil pengolahan GPS dengan metode Pricase Point Positioning menggunakan GPSTools pada fase *Postseismic* dimana data pengamatan yang digunakan dimulai dari hari ke 103 sampai hari pada saat gempa bumi yaitu hari ke 118 Day Of Year (DOY). Pada analisis kali ini akan kita bahas mulai dari pergerakan Horizontal dan juga pola pergerakan yang terjadi setelah gempa bumi.

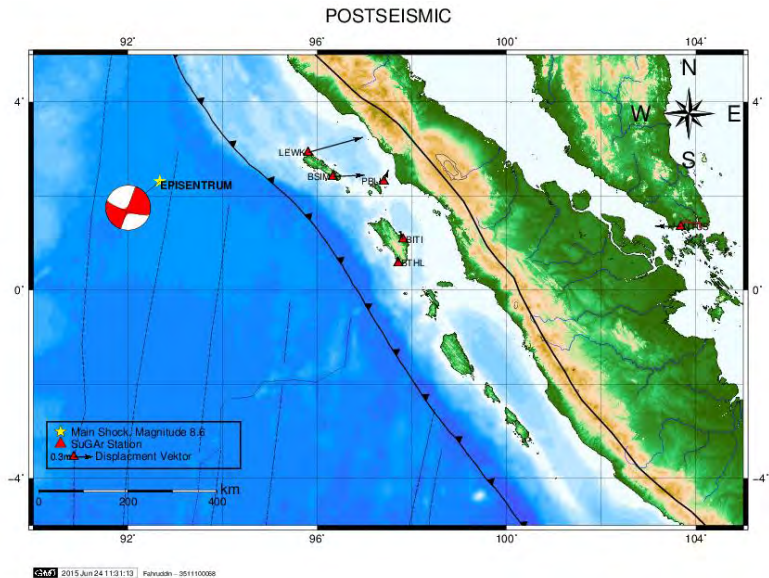
4.3.1 Pergeseran Horizontal

Secara horizontal dari 6 stasiun mengalami pergeseran dengan nilai yang berbeda beda. Berikut adalah tabel nilai besar pergeseran atau besar resultan pergeseran.

Tabel 4.8 Kecepatan *Easting* dan *Northing* dengan resultan pergeseran fase *Postseismic* (tanggal 11 april 2012 sampai 27 april 2012)

Fase <i>Postseismic</i>					
Stasiun	Ve (m)	Vn (m)	StVe (m)	StVN (m)	Besar pergeseran (m)
BSIM	-0.04027	0.088298	0.005479	0.002923	0.097046112
BITI	0.477715	-0.0006	0.007189	0.003627	0.477715523
BTHL	-0.01453	0.057763	0.003656	0.004037	0.059561733
LEWK	0.824214	0.204524	0.008216	0.003633	0.849210186
NTUS	-0.36971	-0.01464	0.007221	0.003759	0.370000211
PBLI	0.069503	0.140208	0.004359	0.003149	0.156489662

Pergeseran yang terbesar terjadi pada stasiun LEWK dengan besar pergeseran 0.849m kearah timur laut karena letak dari stasiun ini paling dekat dengan pusat gempa yang ada di Samudera Hindia. Sedangkan besar pergeseran stasiun yang lain adalah 0.097m kearah timur untuk stasiun BSIM, 0.477m kearah barat laut untuk stasiun BITI, 0.059m kearah barat laut untuk stasiun BTHL, 0.370m kearah barat laut untuk stasiun NTUS, dan 0.156m kearah timur laut untuk stasiun PBLI.



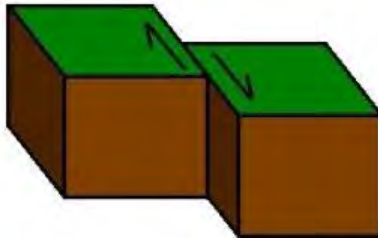
Gambar 4.18 Plotting fase *Postseismic*

Hasil dari plotting di GMT menunjukkan bahwa pergerakan stasiun BITI dan BTHL mengarah ke barat laut sedangkan LEWK, BSIM, dan PBLI ke arah timur laut dimana sesuai dengan deskripsi gempa dari USGS “*earthquakes of April 11, 2012, are consistent in implying that each earthquake could have occurred as the result of left-lateral slip on a north-northeast striking fault or right-lateral slip on a west-northwest striking fault*” dimana gempa yang terjadi menandakan adanya pergerakan *Slip left-lateral* yang bergerak ke arah timur laut atau adanya pergerakan *Slip right-lateral* yang bergerak ke arah barat laut.

4.3.2 Pola Pergeseran

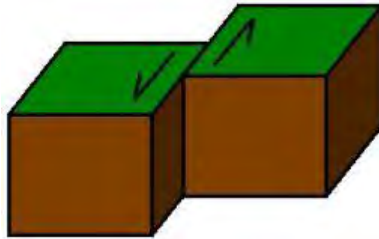
Sama dengan pada saat fase *Interseismic*, pada fase ini juga mengalami dua *Strike-slip faults* yang merupakan potongan vertikal di mana blok sebagian besar telah pindah secara horizontal. Jika blok berlawanan pengamat bergerak ke kanan, gaya slip disebut *right lateral* jika blok bergerak ke kiri, gerakan ini disebut *left lateral*.

Dari pernyataan diatas telah di jelaskan bahwa pada stasiun BITI dan BTHL adanya pergerakan *Slip right-lateral* yang bergerak kearah barat laut dimana devinisi dari *Slip right-lateral* adalah Jika Anda berdiri di perpotongan dan terlihat sepanjang panjangnya, ini adalah jenis strike-slip fault dimana blok kanan bergerak ke arah Anda dan blok kiri bergerak menjauh seperti gambar di bawah ini



Gambar 4.19 Fenomena *Slip right-lateral*

Dan juga mengalami *Slip left-lateral* pada stasiun LEWK, BSIM, dan PBLI dimana devinisi dari *Slip left-lateral* Jika Anda berdiri di perpotongan dan terlihat sepanjang panjangnya, ini adalah jenis strike-slip fault dimana blok bergerak kiri ke arah Anda dan blok kanan bergerak menjauh seperti gambar di bawah ini.



Gambar 4.20 Fenomena *Slip left-lateral*

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisis penelitian tugas akhir ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Arah pergeseran yang terjadi pada 5 stasiun (BITI, BSIM, BTHL, LEWK, dan PBLI) pada saat fase *Interseismic* adalah pergerakan ke arah timur laut dengan pola pergeseran *Slip left-lateral*. Kemudian pada saat fase *Postseismic* terdapat 2 stasiun (BITI dan BTHL) yang mengalami pergerakan ke arah barat laut dengan pola pergeseran *Slip right-lateral* dan 3 stasiun lainnya (BSIM, LEWK, dan PBLI) mengalami pergerakan ke arah timur laut dengan pola pergeseran *Slip right-lateral*.
- b. Pada fase *Interseismic* stasiun BITI mengalami pergeseran yang paling besar yaitu 2.498 m dibandingkan dengan stasiun yang lainnya. Dilanjutkan dengan kecepatan yang cukup besar pula yaitu 2.250 m pada *easting* dan 1.084 m *northing* yang mengacu pada tabel 4.7 pada sub bab 4.2.1. Pada fase *Postseismic* stasiun LEWK mengalami pergeseran yang paling besar yaitu 0.849 m dibandingkan dengan stasiun yang lainnya. Dilanjutkan dengan kecepatan yang cukup besar pula yaitu 0.824 m pada *easting* dan 0.2045 m *northing* yang mengacu pada tabel 4.8 pada sub bab 4.3.1.

5.2 Saran

Dari beberapa kesimpulan diatas, didapatkan saran-saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut :

1. Karena penggunaan perangkat lunak GPSTools yang bersifat *Short Time* atau pengolahan yang manual perhari dengan jangka waktu yang relatif pendek sehingga perlu di dukung oleh adanya pengolahan yang relatif panjang sampai tahunan dengan perangkat lunak yang lain sebagai pembanding .
2. Memastikan semua data tidak ada yang hilang pada saat di tengah pengamatan karena akan mempengaruhi dalam proses *running* perangkat lunak GPSTools.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H.Z. 2000. Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya. PT PradnyaParamita, Jakarta. Cetakan kedua.
- Abidin, H.Z. 2002. Survei dengan GPS. Cetakan Kedua. Jakarta : PT Pradnya Paramita
- Abidin, H.Z. 2007. Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya. Jakarta : PT Pradnya Paramita
- Abidin, H.Z. 2000. Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya, P.T. Pradnya Paramita, Jakarta, Second edition, ISBN 979-408-377-1, 268 pp.
- Andreas, H. 2007. Karakteristik deformasi strain and stress. Prodi Teknik Geodesi dan Geomatika ITB
- Anonim. 2013. *IGS Product Availability*. Dari http://igscb.jpl.nasa.gov/components/prods_cb.html dikunjungi pada tanggal 20 Januari 2013 jam 10.00 WIB
- BSN (Badan Standardisasi Nasional). 2002. Standar Nasional Indonesia Jaring Kontrol Horizontal. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Didik Sugiyanto. Zulfakriza. 2011. Analisa Deformasi Permukaan Patahan Aktif Segmen Seulimum dan Segmen Aceh. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Kebencanaan TDMRC-Unsyiah, Banda Aceh.
- Hayu, Nimas. 2014, Perhitungan Kecepatan Pergeseran Dan Regangan Stasiun Sumatera GPS ARRAY (SuGAR)

TAHUN 2011 s.d 2013, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.

Henri, K., 2013. Penentuan parameter rotasi euler blok sunda berdasarkan data jaring pengamatan GPS di regional Asia Tenggara. Tesis Magister Teknik Geodesi dan Geomatika ITB

Leila, Sarah 2012, Analisis Data Time Series GPS Kontinyu Di Daerah Sumatera, Prodi Teknik Geodesi dan Geomatika ITB.

Mubyarto, Fery. 2008. Analisis Pola Deformasi Interseismic Gempa Bengkulu 2007 Dari Data GPS Kontinyu SUGAR. Prodi Teknik Geodesi dan Geomatika ITB.

NASA, (7 April 2015), Earth Fact Sheet. Alamat situs: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/earthfact.html>.

NASA, (7 April 2015). Structure Of Earth. Alamat situs: <http://scign.jpl.nasa.gov/learn/plate1.html>.

Permana, Ikhwan. Meilano, Irwan. Anggreni, Dina Sarsito, 2012. Analisis Deformasi Gempa Padang Tahun 2009 Berdasarkan Data Pengamatan GPS Kontinu Tahun 2009 – 2010. Prodi Teknik Geodesi dan Geomatika ITB

Putra, Adi, 2012, Studi Kinerja *Software* On-Line PPP (PRECISE POINT POSITIONING) Dalam Pengolahan Data Survey GPS, Prodi Teknik Geodesi dan Geomatika ITB

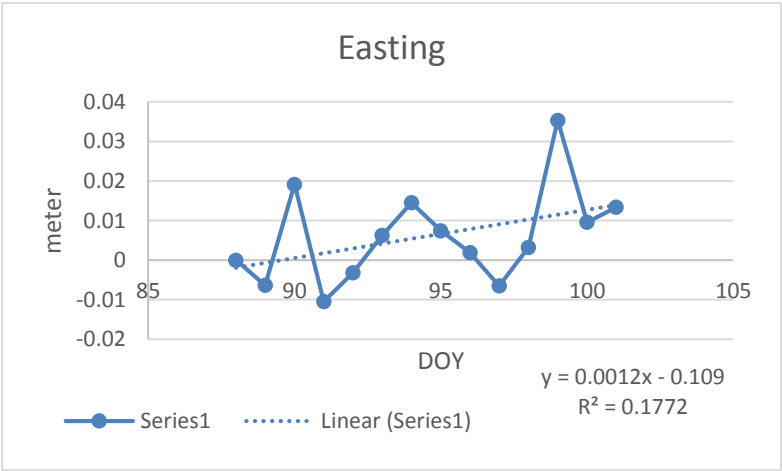
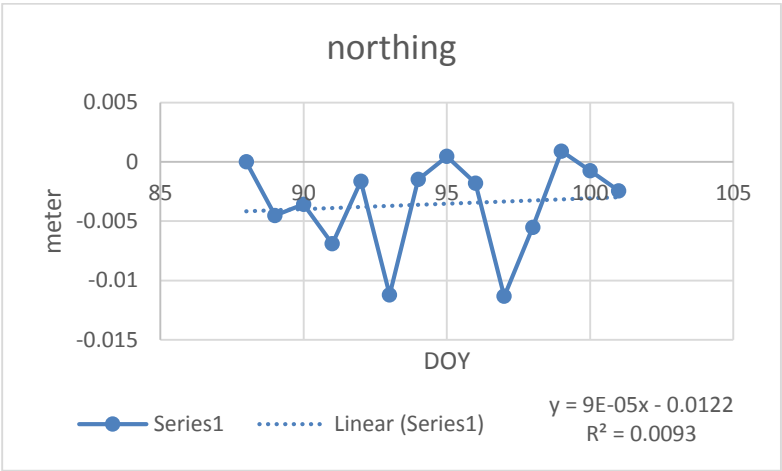
- Kouba J. and Heroux P., 2001, GPS Precise Point Positioning Using IGS Orbit Products. GPS Solutions.
- Kuang, S. 1996. Geodetic Network Analysis and Optimal Design: Concepts and Applications. Ann Arbor Press
- Ridholfi, M. Rusmen. Meilano, Irwan. Anggreni, Dina Sarsito. 2012. Analisis Deformasi Gempa Mentawai Tahun 2010 Berdasarkan Data Pengamatan GPS Kontinu Tahun 2010-2011. Prodi Teknik Geodesi dan Geomatika ITB
- SOPAC, (5 November 2014 pukul 07.00 WIB), SOPAC Online Map Interface. <http://sopac.ucsd.edu/map.html>.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

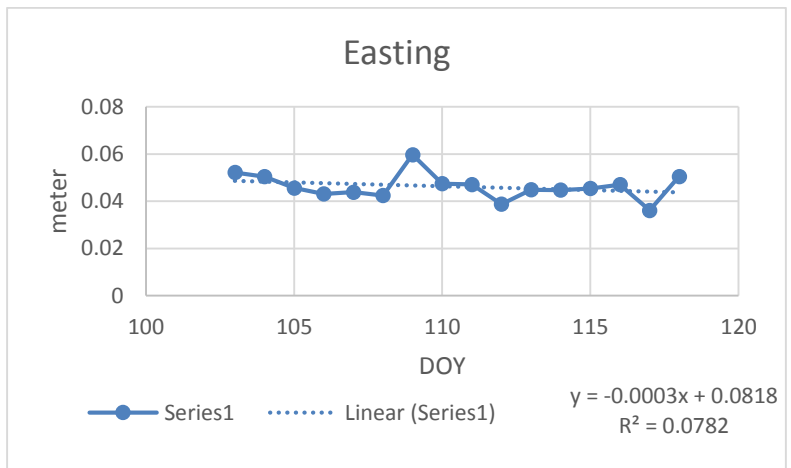
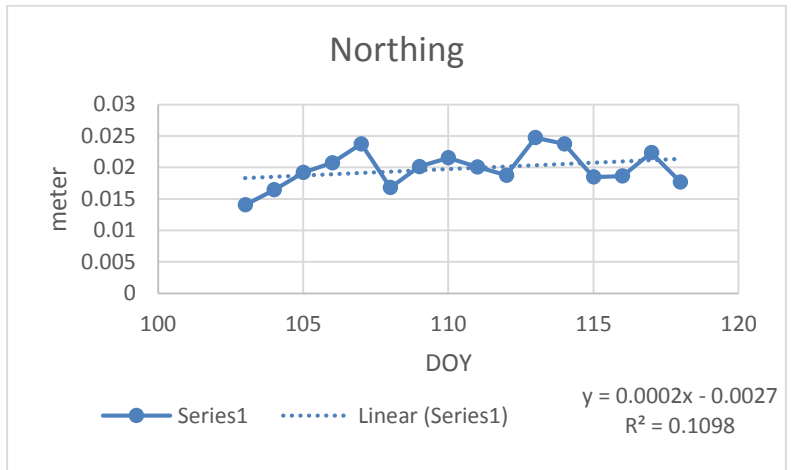
“Lampiran 1”

(Grafik linier *Interseismic* dan *Postseismic* pada dua fase)

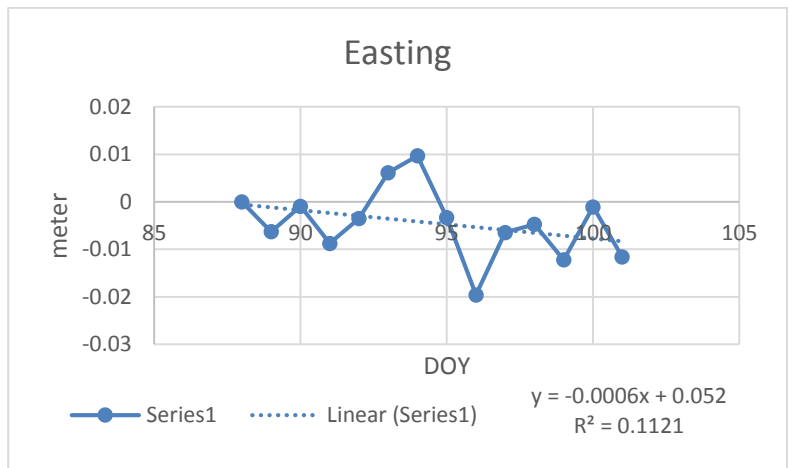
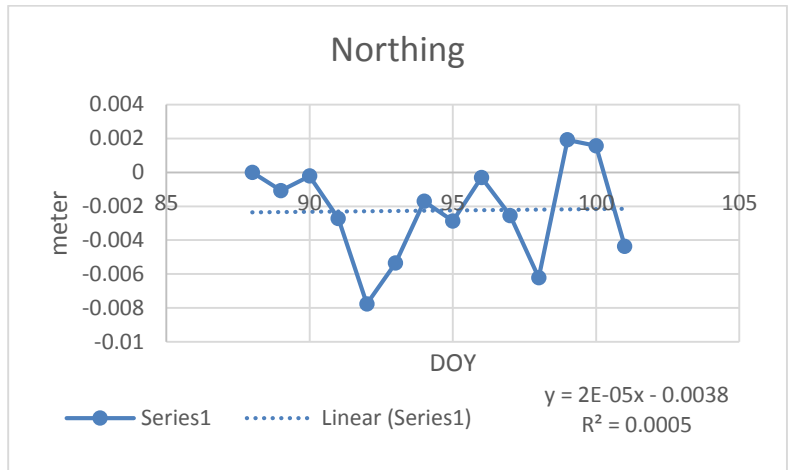
a. Hasil grafik stasiun BITI pada saat *Interseismic*



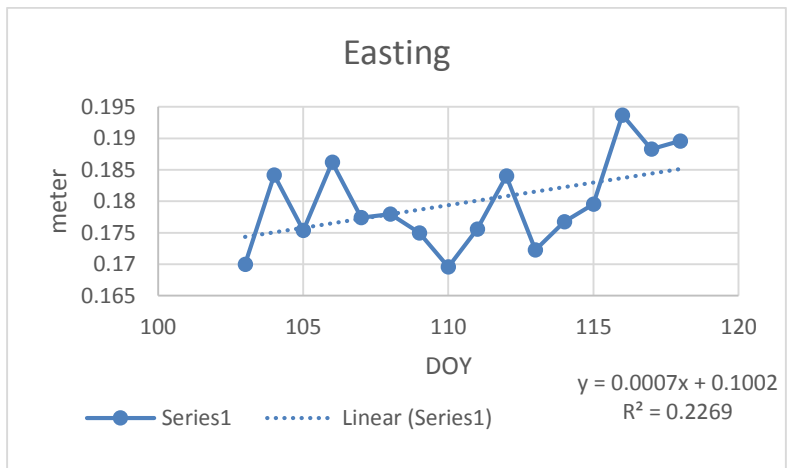
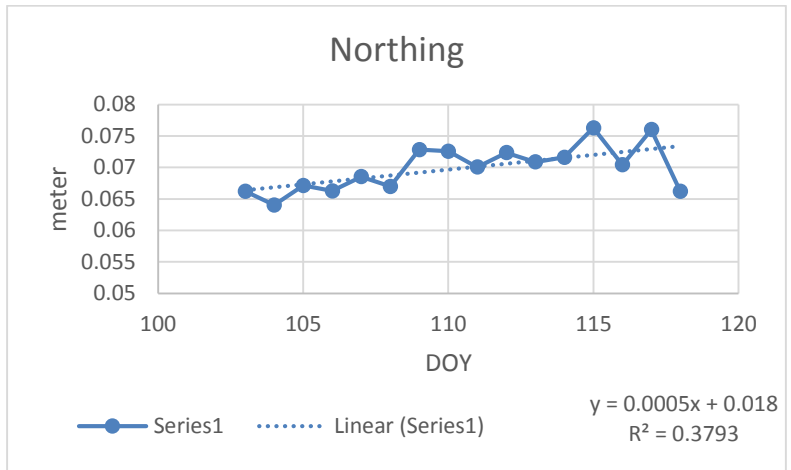
b. Hasil grafik stasiun BITI pada saat *Postseismic*



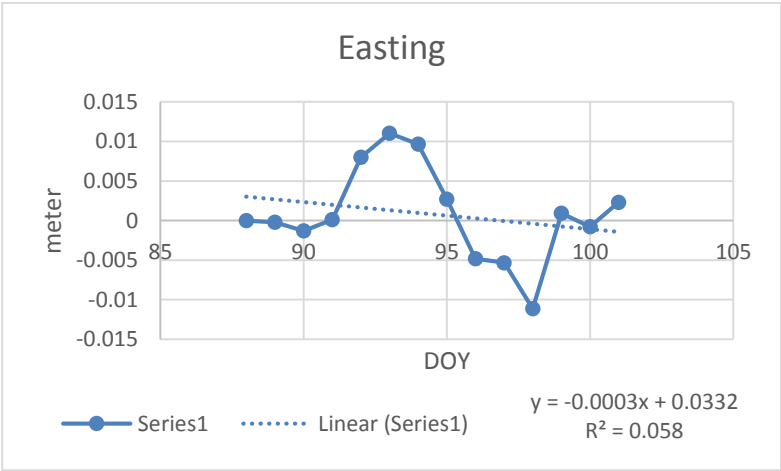
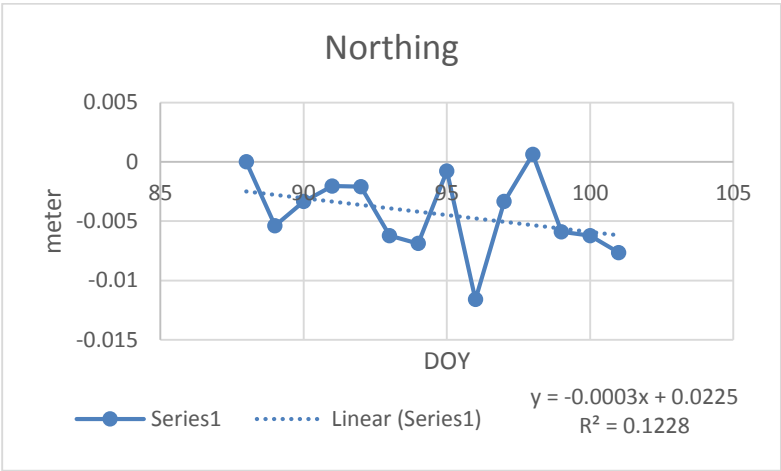
c. Hasil grafik stasiun BSIM pada saat *Interseismic*



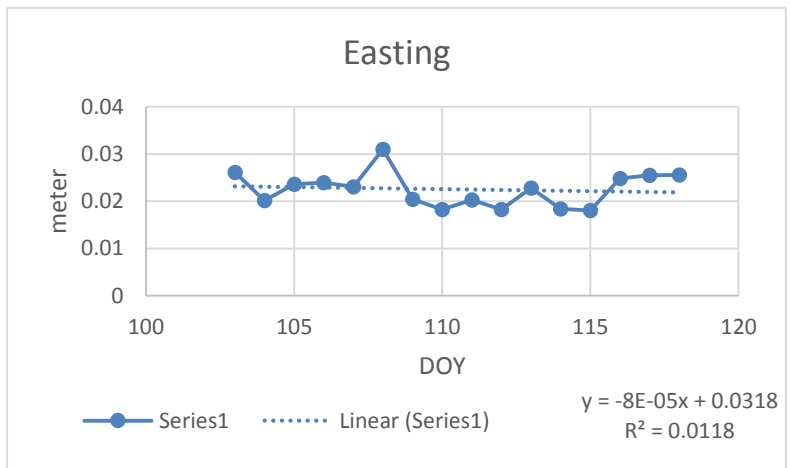
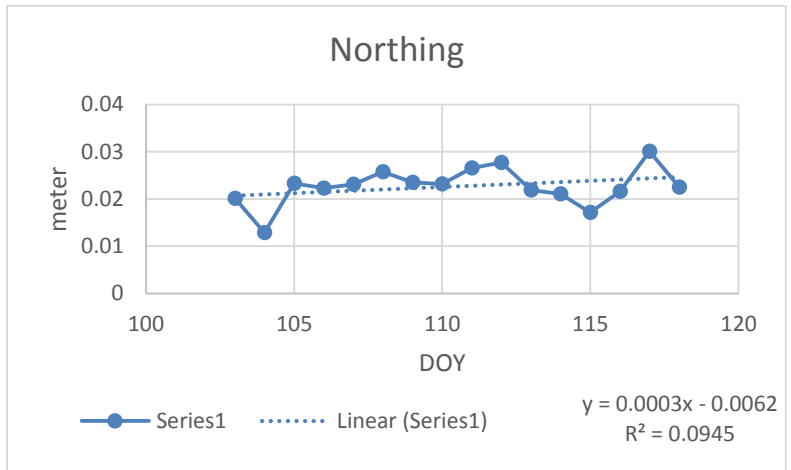
d. Hasil grafik stasiun BSIM pada saat *Postseismic*



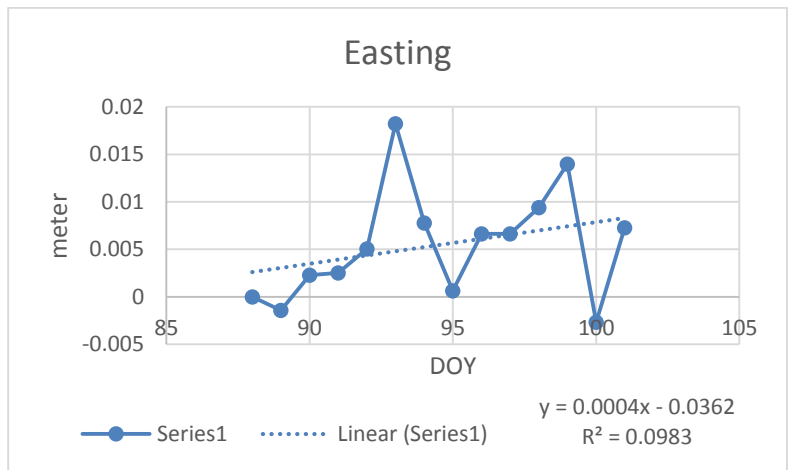
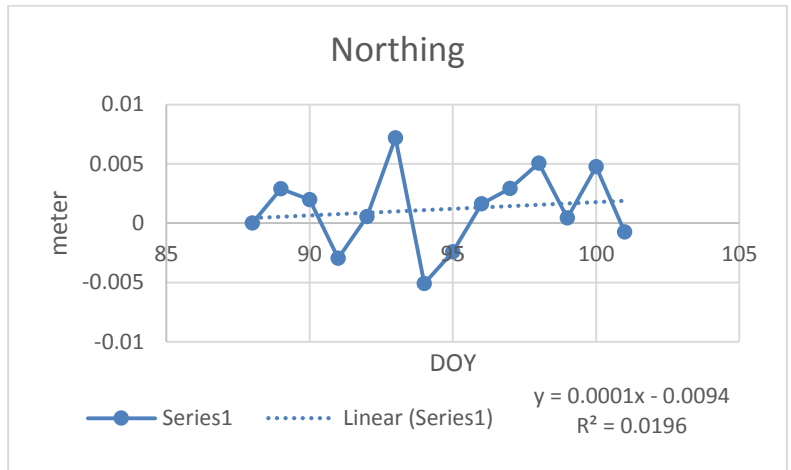
e. Hasil grafik stasiun BTHL pada saat *Interseismic*



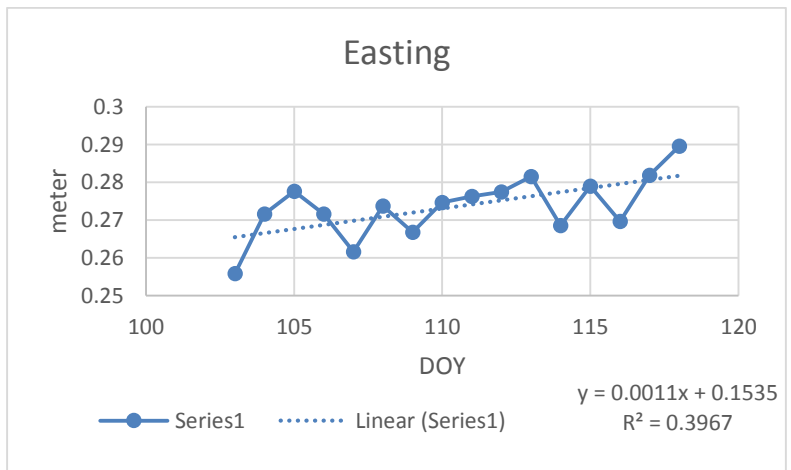
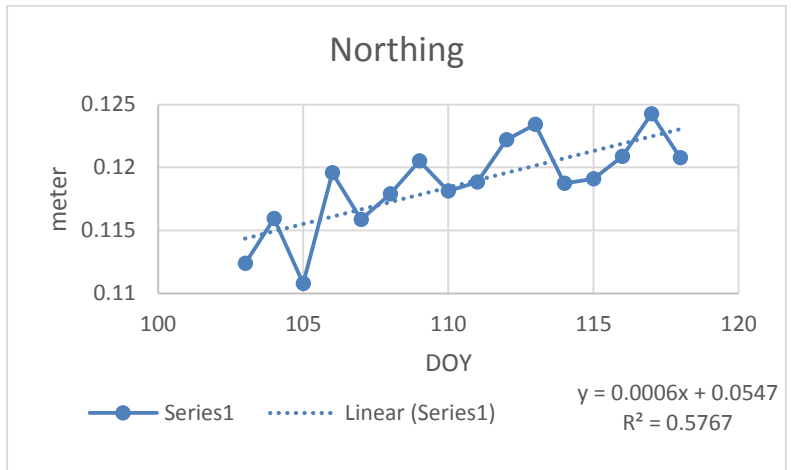
f. Hasil grafik stasiun BTHL pada saat *Postseismic*



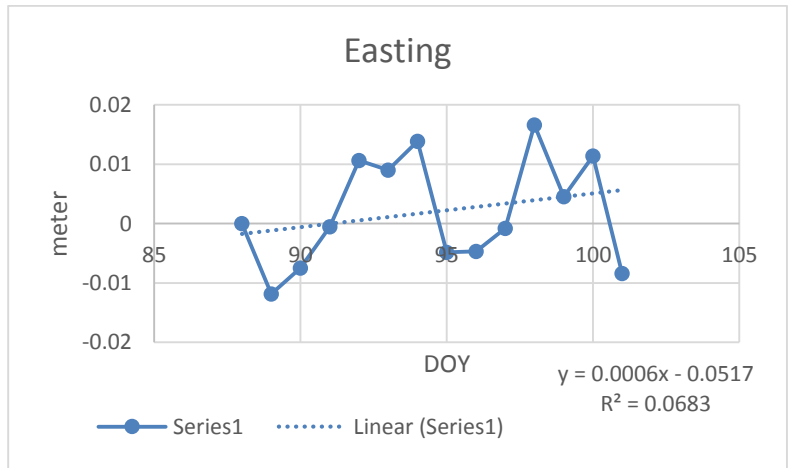
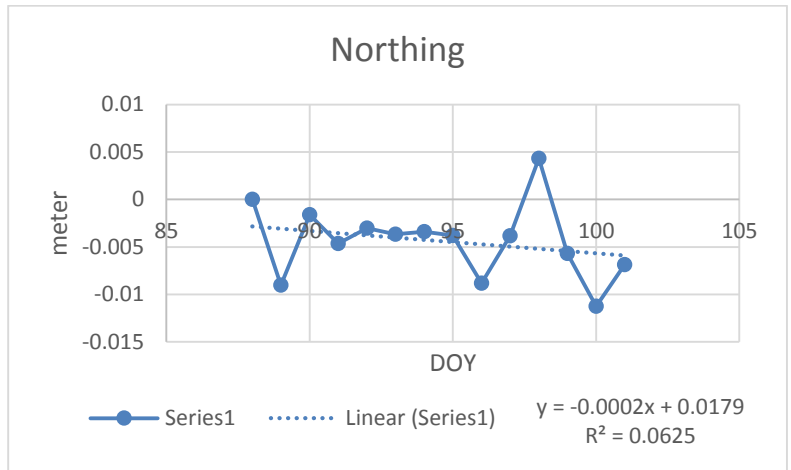
g. Hasil grafik stasiun LEWK pada saat *Interseismic*



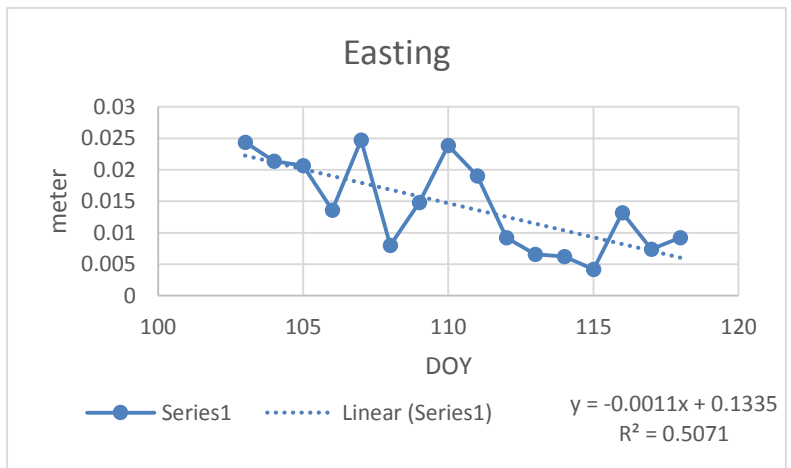
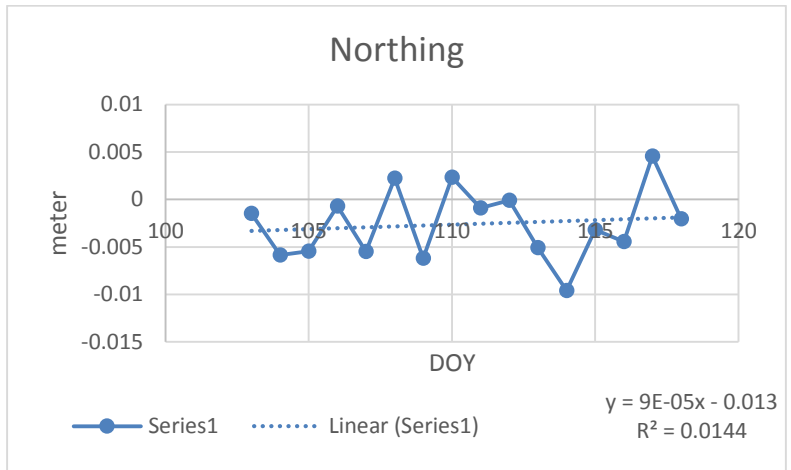
h. Hasil grafik stasiun LEWK pada saat *Postseismic*



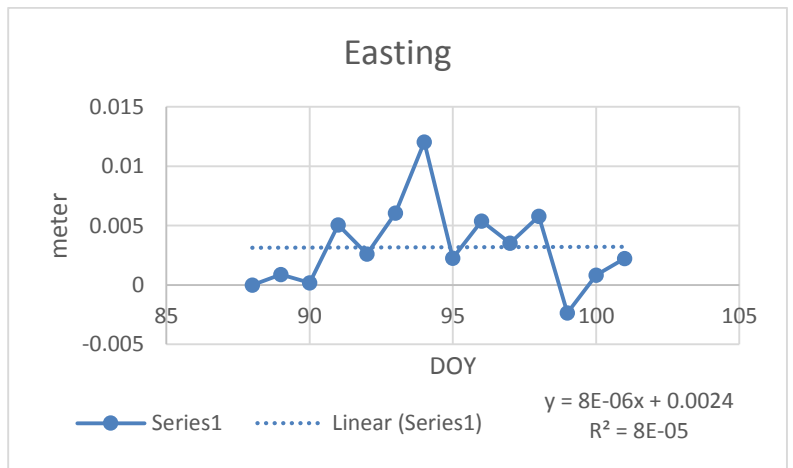
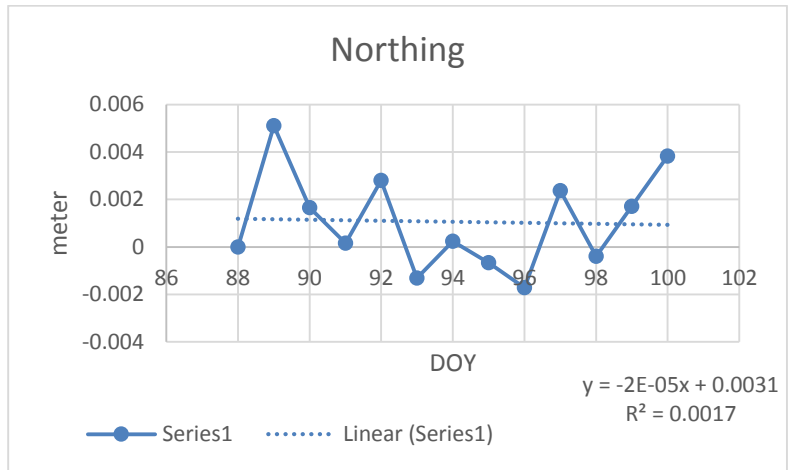
i. Hasil grafik stasiun NTUS pada saat *Interseismic*



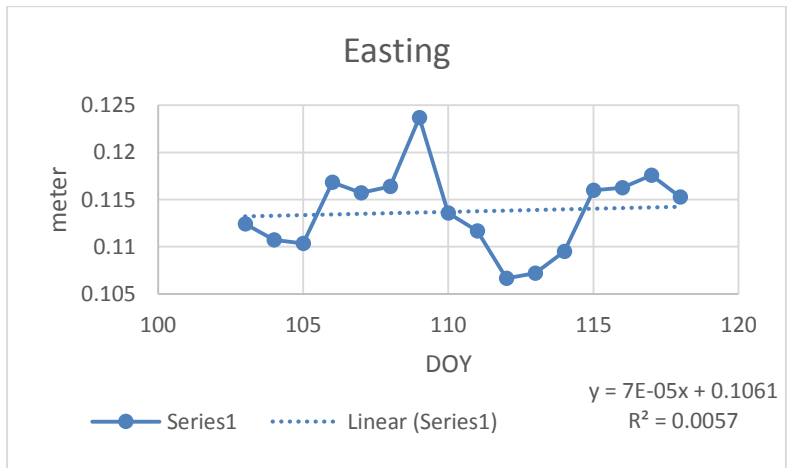
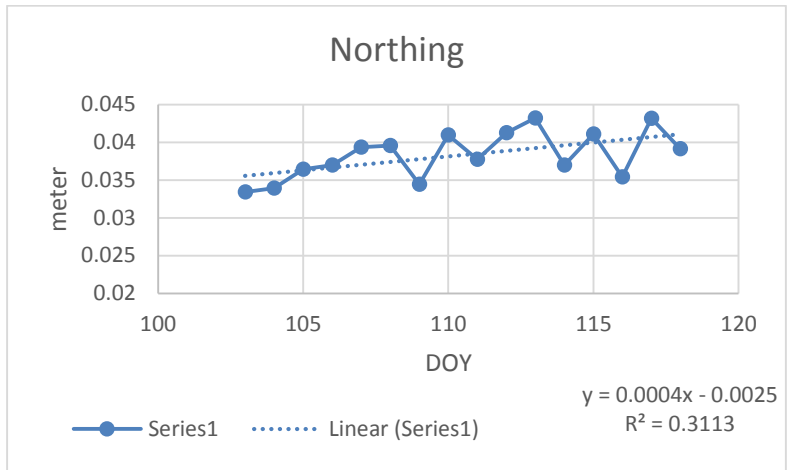
j. Hasil grafik stasiun NTUS pada saat *Postseismic*



k. Hasil grafik stasiun PBLI pada saat *Interseismic*



1. Hasil grafik stasiun PBLI pada saat *Postseismic*



“Lampiran 2”

(Script GMT *Interseismic* dan *Postseismic*)


```
psbasemap -JM27c -R90/105/-5/5 -P -K -X1.5 -Y22 -  
Ba5g5wsne:."INTERSEISMIC": --HEADER_FONT_SIZE=20>  
map5.ps
```

```
grdimage indo.nc -R -JM -CGMT_globe.cpt -K -O >> map5.ps -  
Ba4g2wsne:: >> map5.ps
```

```
pscoast -JM -R -Wthinnest -Dh -Na/thickest,brown -lr/0.1p,blue -  
O -K -Lf92/-4.25/17/400+I+jr -U/0/-2/"Fahruddin - 3511100068" -  
Tf103.85/3.75/0.75i/2 >> map5.ps
```

```
psxy -R -JM -W1.0 -Sf0.8i/0.1ilt -Dh -Gblack -m -O -K trench >>  
map5.ps
```

```
psxy -R -JM -Wthicker -O -K transform -Dh -m >> map5.ps
```

```
psxy -R -JM -Wthinnest,- -m -O -K GSFML_SF_ER_KM.gmt >>  
map5.ps
```

```
psxy -R -JM -Wthinner,- -m -O -K GSFML_SF_FZ_KM.gmt >>  
map5.ps
```

```
echo 92.67 2.31 | psxy -R -JM -Sa0.2i -Gyellow -O -K >> map5.ps
```

```
echo 92.67 2.31 12 0 1 LT EPISENTRUM | pstext -R -JM -O -K >>  
map5.ps
```

```
psmeca FocalMechanisms.gmt -JM -R -Sm1/-1 -Gred -P -O -K -T0  
-C>> map5.ps
```

```
psxy INTER.txt -R -JM -O -H0 -St0.4 -G250/0/0 -W1 -K>>  
map5.ps
```

```
psvelo INTER.txt -R -JM -O -H0 -Se0.8m/0.5/10 -L -W1/0/0/0 -K  
>> map5.ps
```

```
echo S 0.15i a 0.2i yellow 0.25p 0.3i Main Shock, Magnitude 8.6  
>> lgnd
```

```
echo S 0.15i t 0.2i red 0.25p 0.3i SuGAr Station >> lgnd
```

```
echo H 12 0.5 Displacment Vektor >> lgnd
```

```
pslegend -R -JM -Dx0.2i/0.85i/2.8i/0.7i/BI -O -F lgnd >> map5.ps
```



```
psbasemap -JM27c -R90/105/-5/5 -P -K -X1.5 -Y22 -  
Ba5g5wsne:."POSTSEISMIC": --HEADER_FONT_SIZE=20> post.ps
```

```
grdimage indo.nc -R -JM -CGMT_globe.cpt -K -O >> post.ps -  
Ba4g2wsne:: >> post.ps
```

```
pscoast -JM -R -Wthinnest -Dh -Na/thickest,brown -lr/0.1p,blue -  
O -K -Lf92/-4.25/17/400+l+jr -U/0/-2/"Fahruddin - 3511100068" -  
Tf103.85/3.75/0.75i/2 >> post.ps
```

```
psxy -R -JM -W1.0 -Sf0.8i/0.1ilt -Dh -Gblack -m -O -K trench >>  
post.ps
```

```
psxy -R -JM -Wthicker -O -K transform -Dh -m >> post.ps
```

```
psxy -R -JM -Wthinnest,- -m -O -K GSFML_SF_ER_KM.gmt >>  
post.ps
```

```
psxy -R -JM -Wthinner,- -m -O -K GSFML_SF_FZ_KM.gmt >>  
post.ps
```

```
echo 92.67 2.31 | psxy -R -JM -Sa0.2i -Gyellow -O -K >> post.ps
```

```
echo 92.67 2.31 12 0 1 LT EPISENTRUM | pstext -R -JM -O -K >>  
post.ps
```

```
psmeca FocalMechanisms.gmt -JM -R -Sm1/-1 -Gred -P -O -K -T0  
-C>> post.ps
```

```
psxy POST.txt -R -JM -O -H0 -St0.4 -G250/0/0 -W1 -K>> post.ps
```

```
psvelo POST.txt -R -JM -O -H0 -Se2.8m/0.5/10 -L -W1/0/0/0 -K  
>> post.ps
```

```
echo S 0.15i a 0.2i yellow 0.25p 0.3i Main Shock, Magnitude 8.6  
>> lgnd1
```

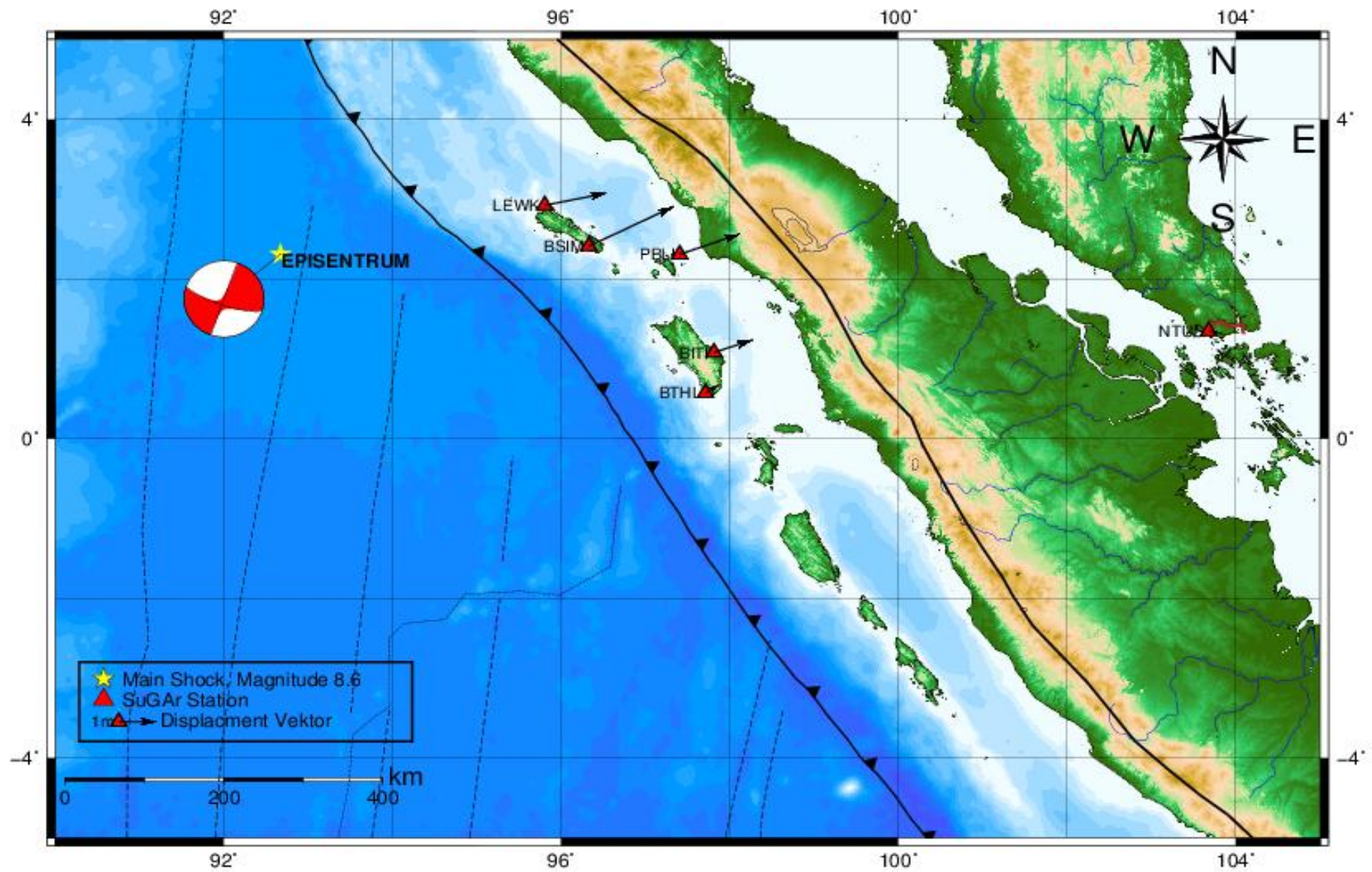
```
echo S 0.15i t 0.2i red 0.25p 0.3i SuGAr Station >> lgnd1
```

```
echo H 12 0.5 Displacment Vektor >> lgnd1
```

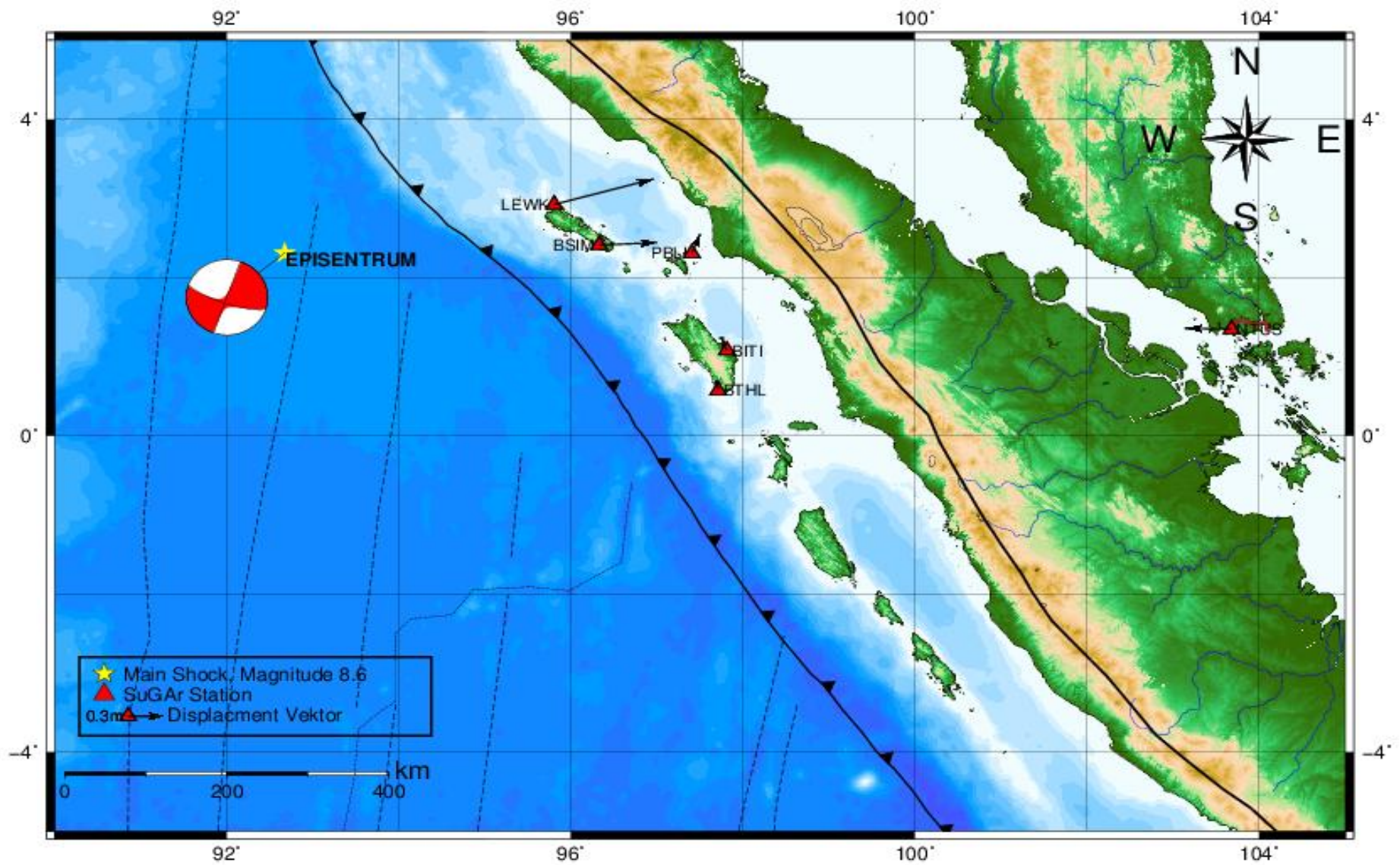
```
pslegend -R -JM -Dx0.2i/0.85i/2.8i/0.7i/Bl -O -F lgnd1 >> post.ps
```

“Lampiran 3”
(Peta *Interseismic* dan *Postseismic*)

INTERSEISMIC



POSTSEISMIC



Biodata Penulis



Fahrudin Ulinnuha Ihsan Penulis lahir di Surabaya, 15 April 1993. Anak kedua dari tiga bersaudara. Pendidikan formal yang telah ditempuh antara lain TK Indah sari Bubutan, SD TA'MIRIYAH Surabaya, SMP N 2 Surabaya, dan SMA N 6 Surabaya. Setelah lulus dari jenjang SMA pada tahun 2011, penulis yang mempunyai nama akrab Udin ini diterima di

perguruan tinggi negeri di Surabaya dengan program studi Teknik Geomatika Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan dengan NRP 3511 100 068 melalui program PMDK. Penulis mengambil tugas akhir di bidang keahlian ilmu “Geodinamika dan Lingkungan” dengan judul “Analisis Deformasi Interseismic dan Postseismic Peristiwa Gempa Sumatera 11 April 2012 (Studi Kasus : Samudera Hindia)”. Penulis aktif dalam keanggotaan organisasi Himpunan Mahasiswa Geomatika ITS (HIMAGE-ITS) antara lain mejdai redaksi majalah “GEODET” Departemen Media dan Informasi (2012-2013 dan 2013-2014) dan juga aktif dalam keanggotaan organisasi kemahasiswaan Badan Esekutif Mahasiswa FTSP (BEM FTSP) sebagai anggota departemen Sosial Masyarakat (2013-2014). Penulis juga pernah terlibat aktif dalam suatu proyek pemerintah atau BAPEKKO dalam menentukan Garis Pantai Surabaya melalui pengukuran Terestris dan juga pengukuran Batimetri di sepanjang Pantai Surabaya pada desember 2014.